การพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

DEVELOPMENT OF A SOIL CORE SAMPLER

นายวิชยากร บัวเผียน รหัสนิสิต 57362460

นางสาววิราการณ์ ศรีสุธรรม รหัสนิสิต 57362484

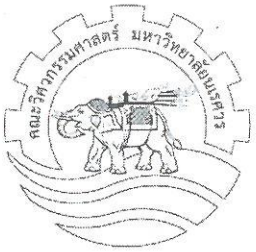
นายนพรุจ อินอยู่ รหัสนิสิต 57365980

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวิชยากร บัวเผียน	รหัสนิสิต 57362460
	นางสาววิราการณ์ ศรีสุธรรม	รหัสนิสิต 57362484
	นายนพรุจ อินอยู่	รหัสนิสิต 57365980
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2560	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ

(รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ

(ผศ. ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
ผู้ดำเนินโครงงาน นายวิชยากร บัวเผียน รหัสนิสิต 57362460
นางสาววิราการณ์ ศรีสุธรรม รหัสนิสิต 57362484
นายนพรุจ อินอยู่ รหัสนิสิต 57365980
ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2560

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่เก็บได้ที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินจะสามารถเก็บดินได้ในระดับความลึกครั้งต่อไป โดยไม่ต้องทำการเปิดหน้าดิน และเพื่อลดขั้นตอนในการเก็บดินของอุปกรณ์เก็บดินรูปแบบของ AIT จึงพัฒนาให้มีระบบส่งถ่ายกำลัง และสกรู โดยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครง ชุดส่งถ่ายกำลัง ชุดสกรู และชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ทำการทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอก รูปแบบของ AIT และรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ย โดยทำการทดสอบที่แปลงนาปลูกข้าว และเลือกตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างดินบริเวณระหว่างรอยล้อตีนตะขาบทั้งสองข้าง ที่ระดับความลึก 0 – 10 และ 10 – 20 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวน 3 ซ้ำ จากการทำการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยของรูปแบบทรงกระบอกมีค่าน้อยที่สุดทั้งสองระดับความลึก เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เนื่องจากการเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกจะเป็นการเหลาแท่งดินให้พอดีกับวงแหวนซึ่งทำให้ดินที่ได้จะหลวมกว่าวงแหวนเล็กน้อย และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT กับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะพบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มีค่ามากกว่ารูปแบบของ AIT ทั้งสองระดับความลึก เป็นเพราะวงแหวนเก็บดินที่ระดับความลึกที่แตกต่างกัน และในระดับความลึกถัดลงไปอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 สามารถเก็บตัวอย่างดินได้ โดยไม่ต้องขุดเปิดหน้าดิน

Project title	Development of a soil core sampler	
Name	Mr. Wichayakorn Buapien	ID. 57362460
	Miss. wirakarn Srisutham	ID. 57362484
	Mr. Noppharut Inyoo	ID. 57365980
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Rattana Karoonboonyanan	
Major	Mechanical Engineering	
Department	Mechanical Engineering	
Academic year	2017	

.....

Abstract

The objectives of this project are to development, design and build a soil core sampler at the incremental depth of 10 centimeters, which can operate at the deeper depth without digging the ground, and to reduce the soil collection steps compared with the model of AIT soil core sampler. The first developed soil core sampler model consisted of 4 parts: 1) frame, 2) power transmission unit, 3) power screw, and 4) soil core sampling unit. Three of soil core sampling equipments: block, AIT model, and the first developed model, were tested in the paddy field. The location of soil sample was collected from the area between the two combine harvester track imprints. At each plot, the soil at the depth of 0-10 and 10-20 centimeters were collected by using block, AIT model, and the first developed model, respectively with three replications. The result shown that the average of soil bulk density at two depth levels of block method were lower than AIT and the first developed models. However, the block method was collected the soil by cutting the soil outside the tube and the soil may be loose. It was also found that the average soil bulk density at two depth levels were collect by the first developed soil core sample model was higher than that collected by AIT model. Probably, the soil collection ring of two soil core sample models were collection of the soil at different depths. However, the first developed soil core sample model can collect the soil at the deeper depth without digging the ground.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง ให้ความช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงานนี้จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บิดา มารดา ที่คอยส่งกำลังใจ ส่งเสียเลี้ยงบุตรและสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงานนี้ และบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือทางข้อมูลคือ รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี และ ผศ. ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่มีส่วนช่วยเสริมคุณภาพของโครงงานให้ดียิ่งขึ้น สมาชิกในกลุ่มและเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้กลุ่มโครงงานของข้าพเจ้าขออำนาจคุณศรีพระศรีรัตนตรัยจงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายวิชยากร บัวเผียน
นางสาววิราการณ์ ศรีสุธรรม
นายนพรุจ อินอยู่

กรกฎาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ	2
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน	3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1 ดิน	5
2.2 สมบัติทางกายภาพของดิน	6
2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและวิธีเก็บตัวอย่างดิน	8
2.4 สกรูลำเลียง	17
2.5 แนวคิดในการการออกแบบพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	30
3.1 ศึกษาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT	30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน 32
3.3 รายละเอียดในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 32
3.4 การทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน 42

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 55
4.1 สมบัติของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 55
4.2 สภาพแปลงทดสอบ 56
4.3 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของดิน 56
4.4 จำนวนรอบที่ใช้ในการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 59

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการทดลอง 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 63

เอกสารอ้างอิง 64

ภาคผนวก ก ผลการทดลองของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 รูปแบบ 65
ภาคผนวก ข แบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 68

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน	3
2.1 การเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างดินแต่ละลักษณะ	14
2.2 สรุปการเปรียบเทียบใบสกรู	22
2.3 สัญลักษณ์แสดงสมบัติวัสดุ	25
4.1 คุณลักษณะต่างๆ ของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	55
4.2 ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยและค่าความชื้นดินเฉลี่ยเมื่อทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์แบบต่างๆ	56
4.3 จำนวนรอบในการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	59
5.1 คุณลักษณะต่างๆ ของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพสามเหลี่ยมมาตรฐานแจกแจงประเภทเนื้อดิน	5
2.2 ส่วนประกอบของดิน	6
2.3 อุปกรณ์ทดสอบกำลังเฉือนแบบใบพัด Vane และวิธีการทดสอบ	7
2.4 แบบของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน และวงแหวนพีวีซีสำหรับเก็บดินของระบบอ่อนไหวต่อความเป็นแม่เหล็ก	9
2.5 การเก็บตัวอย่างกระบอกสูบ-ซัก	10
2.6 กระบอกผ่าเก็บตัวอย่าง	10
2.7 กระบอกแบบแท่งแกน	11
2.8 Block Sample	12
2.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT	13
2.10 กดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงในดิน	15
2.11 การใช้คัตเตอร์ปาดหน้าดินที่เกินวงแหวนออก	16
2.12 ใช้เสียมช่วยในการเปิดหน้าดิน	16
2.13 ส่วนประกอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ	18
2.14 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว	19
2.15 ลักษณะต่างๆ ของใบสกรู	21
2.16 ใบสกรูแบบมีระยะพิตช์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดร่วมกัน	23
2.17 หลักการคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ	27
2.18 แนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	29
3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT	30
3.2 ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	32
3.3 ชุดประบอกเก็บตัวอย่างดิน	34
3.4 ชุดสกรู	35
3.5 กลไกส่งกำลัง	37
3.6 ภาพรวมการหมุนของระบบเกียร์และเพลา	40
3.7 โครง	41
3.8 การใช้เสียมขุดดินบริเวณรอบวงแหวนให้เป็นวงกลม	43
3.9 การใช้คัตเตอร์เหล่าดินให้เป็นแท่ง	43
3.10 การกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT	44
3.11 ขั้นตอนการเตรียมดินที่ได้จากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12 นำตัวอย่างดินที่ได้ใส่ในกระป๋อง	45
3.13 การใช้เสียมขุดเปิดหน้าดิน	46
3.14 การใช้ค้อนช่วยเพื่อเก็บตัวอย่างดิน	46
3.15 การประกอบวงแหวนใส่กระบอกเก็บตัวอย่างดิน	47
3.16 การประกอบกระบอกเก็บตัวอย่างดินใส่กับหัวจับ	47
3.17 การประกอบชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน	48
3.18 การใส่สลักตัวยู	48
3.19 การประกอบกระบอกเก็บตัวอย่างดินเข้ากับเพลาเกลียวเหลี่ยม	49
3.20 การใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบพัฒนา รุ่นที่ 1	49
3.21 การเจาะผิวดินเพื่อเก็บตัวอย่างดิน	50
3.22 การนำชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินออกจากหลุม	51
3.23 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินก่อนใส่กระป๋อง	51
3.24 นำดินตัวอย่างที่ได้ใส่กระป๋อง	52
3.25 การเก็บตัวอย่างดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 ที่ระดับความลึก 10 - 20 เซนติเมตร	52
3.26 การชั่งน้ำหนัก	53
3.27 นำตัวอย่างดินเข้าตู้อบ	53
4.1 ตำแหน่งการทดสอบอุปกรณ์ในแปลง	56
4.2 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์เก็บดินแบบต่างๆกับค่าความหนาแน่นมวลรวมเฉลี่ยที่ระดับความลึกเท่ากัน	57
4.3 การเปรียบเทียบตำแหน่งของวงแหวนภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร	58
4.4 การเปรียบเทียบตำแหน่งของวงแหวนภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร	59

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์		ความหมาย	หน่วย
A	=	พื้นที่หน้าตัดของใบสกรูขนถ่ายวัสดุ	m^2
c	=	แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล	Pa
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด	m
D_s	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู	m
d	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาสกรู	m
d_i	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในวงแหวนเก็บดิน	m
F	=	แรง	N
H	=	ความสูงของใบพัด	m
h	=	ความสูงของวงแหวนเก็บดิน	m
k	=	แฟกเตอร์ความเต็มราง	-
m_c	=	อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวล	kg/s
m_s	=	มวลของดินแห้ง	kg
m_T	=	มวลรวม	kg
m_w	=	มวลของดินเปียก	kg
N	=	ความเร็วรอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ	rpm
n	=	จำนวนฟันของเกียร์	$teeth$
p	=	ระยะพิตช์สกรู	m
Q	=	อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร	m^3/s
S_u	=	กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ	Pa
T	=	แรงบิดมากที่สุด	$N \cdot m$
T_b	=	ทอร์กที่บริเวณด้านล่างใบสกรู	$N \cdot m$
T_s	=	ทอร์กที่ผิวของชุดสกรู	$N \cdot m$
T_T	=	ทอร์กของแรงเฉือนดิน	$N \cdot m$
V	=	ปริมาตรของดิน	m^3
v	=	ความเร็วเฉลี่ยในการขนถ่ายวัสดุ	m/s
ρ	=	ความหนาแน่นมวลรวมของดิน	kg/m^3
ρ_b	=	ความหนาแน่นของวัสดุ	kg/m^3
ω	=	อัตราเร็วเชิงมุม	rad/s
τ	=	แรงเฉือนดิน	N/m^2
ϕ	=	มุมเสียดทานภายใน	$Degree$

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ(ต่อ)

อักษรย่อ		ความหมาย
CEMA	=	Conveyor Equipment Manufacturers Association
FV-Test	=	Field vane shear test
AIT	=	Asian Institute of Technology

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการออกแบบเครื่องจักรกลทางการเกษตรหรือการพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตรทั้งหมดที่มีความเกี่ยวข้องกับดิน ผู้ออกแบบจำเป็นที่จะต้องทราบสมบัติทางกายภาพของดิน ความหนาแน่นมวลรวมของดิน (Soil bulk density) เป็นตัวแปรสำคัญที่จำเป็นต้องทราบ เพื่อที่เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องจักรกลหรือการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมกับสภาพดิน จึงมีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าที่ต้องการ โดยการนำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเข้ามาใช้ แต่อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่ใช้ในปัจจุบันจะใช้แรงงานคนในการกดอุปกรณ์ในแนวดิ่งให้จมลงในดิน ซึ่งจะสามารถเก็บตัวอย่างดินได้ที่ความลึกครั้งละ 0 – 10 เซนติเมตร ที่ระดับความลึกถัดลงไปจะต้องขุดเปิดหน้าดินก่อนแล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งโดยปกติแล้วในการทดสอบเครื่องจักรกลเกษตร จะต้องเก็บตัวอย่างดินถึงระดับความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร หรือมากกว่า เช่นการทดสอบการไถระเบิดดินดานต้องเก็บดินลึกถึง 50 เซนติเมตร จึงมีความยากลำบากมากสำหรับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินในปัจจุบัน เนื่องจากต้องทำการขุดหน้าดินทีละชั้นเพื่อทำการขยายหลุมให้สามารถใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกที่ต้องการ

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ที่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร และสามารถเก็บดินที่ระดับความลึกถัดลงไปโดยไม่จำเป็นต้องขุดเปิดหน้าดินด้วยการใช้สกรูในการช่วยขนถ่ายดินรอบกระบอกเก็บดินออกจากหลุมแทน และเพิ่มระบบส่งถ่ายกำลังที่ช่วยลดแรงของผู้ใช้ในการกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน เพื่อช่วยลดความยากลำบากในการเก็บตัวอย่างดินและลดขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดิน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนา ออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่เก็บได้ที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินจะสามารถเก็บดินได้ในระดับความลึกครั้งต่อไปโดยไม่ต้องทำการเปิดหน้าดิน

1.2.2 เพื่อลดขั้นตอนในการเก็บดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT โดยใช้ระบบส่งถ่ายกำลัง และสกรูในการพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน

1.3.1 ได้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่เก็บได้ที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร และในการเก็บดินครั้งต่อไปที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน จะสามารถทำการเก็บตัวอย่างดินได้ต่อเนื่องโดยไม่ต้องทำการเปิดหน้าดิน

1.3.2 มีความสะดวกสบายในการเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบเพื่อใช้ในงานต่าง ๆ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่สามารถเก็บได้ที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร

1.4.2 ลดขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดิน

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ที่มีอยู่ และออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่สามารถเก็บดินได้ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร เมื่อต้องการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกถัดลงไป ไม่ต้องทำการเปิดหน้าดิน ทำการสร้างอุปกรณ์และทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบกับดินตัวอย่างและวิเคราะห์ผลข้อมูลเปรียบเทียบกับอุปกรณ์รูปแบบของ AIT

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 มหาวิทยาลัยนเรศวร (Naresuan University)

1.6.2 แปลงนาข้าว หมู่ 18 บ้านศรีมงคล ตำบลเทศบาลบางระกำเมืองใหม่ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานในช่วงเวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	2560					2561						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง												
2.ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและศึกษาวิธีเก็บตัวอย่างดิน												
3. ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและสร้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1												
4. ทดสอบการเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์รูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับอุปกรณ์รูปแบบของ AIT และรูปแบบทรงกระบอก												
5.สรุปผลการทดสอบและจัดทำรายงาน												

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

1.8.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของดิน แรงเฉือนดิน สกรูลำเลียง และข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแต่ละแบบ

1.8.2 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ข้อดี ข้อเสียของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแต่ละรูปแบบ และศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างดิน

1.8.3 ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่มีสกรูลำเลียง อุปกรณ์ในการส่งถ่ายกำลัง และสร้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

1.8.4 ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และวิธีการเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอก โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของความหนาแน่นมวลรวมของดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ 0 – 10 และ 10 – 20 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวน 3 ซ้ำ

1.8.5 สรุปผลการทดสอบและ จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ดิน

2.1.1 การกำเนิดของดิน

ดิน คือเทหวัตถุตามธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกประกอบไปด้วย อนุภาคทราย (Sand) อนุภาคทรายแป้ง (Silt) อนุภาคดินเหนียว (Clay) ผสมคลุกเคล้ารวมกับอินทรียวัตถุที่อยู่ในดิน ดังรูปที่ 2.1 เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ซากพืช ซากสัตว์ ตลอดจนจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดิน และเมื่อมีอากาศกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ก็จะช่วยค้ำจุนพร้อมทั้งช่วยในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืชด้วย

รูปที่ 2.1 แผนภาพสามเหลี่ยมมาตรฐานแจกแจงประเภทเนื้อดิน [1]

2.1.2 ความสำคัญของดิน

ดินมีประโยชน์มากมายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้แก่

2.1.2.1 ประโยชน์ต่อการเกษตรกรรม เพราะดินเป็นต้นกำเนิดของเกษตรกรรมเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ ในดินจะมีอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารรวมทั้งน้ำ และอากาศที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช อาหารที่คนเราบริโภคในทุกวันนี้มาจากการเกษตรกรรมถึง 90 %

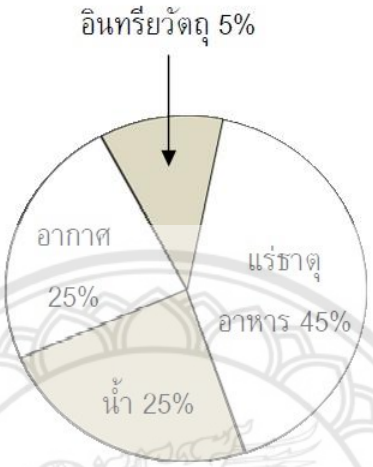
2.1.2.2 การเลี้ยงสัตว์ ดินเป็นแหล่งอาหารสัตว์ทั้งพวกพืช และหญ้าที่ขึ้นอยู่ตลอดจนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์บางชนิด เช่น งู แมลง ฯลฯ

2.1.2.3 เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย

2.1.2.4 เป็นแหล่งกักเก็บน้ำ

2.1.3 องค์ประกอบของดิน

ประกอบด้วยอนินทรีย์วัตถุ เป็นส่วนที่มากที่สุดซึ่งเป็นแหล่งอาหารของพืชเกิดขึ้นจากการสลายตัวของแร่ธาตุ อินทรีย์วัตถุ ได้แก่ส่วนที่เน่าเปื่อยผุพังของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมอยู่บนดิน และน้ำพบอยู่ในช่องว่างของดินเป็นแหล่งที่ให้ความชื้นกับพืช อากาศจะแทรกอยู่ในดิน โดยปนอยู่กับน้ำใต้ดินเป็นแหล่งให้ออกซิเจนแก่พืช มีร้อยละขององค์ประกอบ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของดิน [1]

2.2 สมบัติทางกายภาพของดิน

2.2.1 เนื้อดิน

เป็นสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญต่อสมบัติด้านอื่น เช่น ความแข็งของดิน ความยากง่ายต่อการไถพรวน ความสามารถในการกักเก็บน้ำและคุณสมบัติทางเคมีบางประการ อนุภาคของดินจะรวมตัวกันเกิดเป็นเม็ดดิน อนุภาคเหล่านี้จะมีขนาดไม่เท่ากัน ขนาดเล็กที่สุดคืออนุภาคดินเหนียว อนุภาคขนาดกลางเรียกว่าอนุภาคทรายแป้ง อนุภาคขนาดใหญ่เรียกว่าอนุภาคทราย เนื้อดินจะมีอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มนี้ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่ไม่เท่ากันทำให้เกิดลักษณะของดิน 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่

2.2.1.1 ดินเหนียว เป็นดินที่เมื่อเปียกแล้วมีความยืดหยุ่น ปั้นเป็นก้อนหรือคลึงให้เป็นเส้นยาวได้ เหนียวเหนอะหนะติดมือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี มีความสามารถในการจับยึดและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้สูง หรือค่อนข้างสูง เหมาะที่จะใช้ทำนาปลูกข้าวเพราะเก็บน้ำได้นาน

2.2.1.2 ดินร่วน เป็นดินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียดนุ่มมือ ยืดหยุ่นได้บ้าง มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จัดเป็นเนื้อดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก ในธรรมชาติมักไม่ค่อยพบ แต่จะพบในดินที่มีเนื้อดินใกล้เคียงกันมากกว่า

2.2.1.3 ดินทราย เป็นดินที่ระบายน้ำและอากาศได้ดีมาก มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะมีความสามารถในการจับยึดธาตุอาหารพืชมีน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายมักจะขาดทั้งอาหารและน้ำ

2.2.2 การทดสอบหาค่า Shear strength parameter [2]

โดยการทดสอบ Field vane shear test (FV-Test) ทดสอบโดยใช้ ASTM D-2573 เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สำหรับหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength) ของดินที่มีความเหนียวโดยเฉพาะดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวแข็ง และเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับดินเหนียวที่มีความไวตัวสูง (Sensitive clay) ซึ่งยากที่จะหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำโดยไม่รบกวนดิน และค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำยังสามารถใช้ในการหาค่าความไวตัว (Sensitivity) ด้วย

เครื่องมือ Vane shear test ประกอบด้วยใบพัด 4 ใบ และต่อก้านมาที่ผิวดิน ชนิดของใบพัดจะมีสองแบบคือ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และแบบที่ปลายเป็นมุมแหลม 45 องศา ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ทดสอบกำลังเฉือนแบบใบพัด Vane และวิธีการทดสอบ [2]

วิธีการทดสอบโดยทั่วไป จะดันใบมีดลงในดินที่ระดับความลึกที่ต้องการ และหมุน แล้ววัดแรงบิด (Torsion) ด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็น Unit Shearing Resistance โดยการสมมุติว่าการพังของดินเป็นไปตามผิวทรงกระบอก ซึ่งสามารถหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength) ได้ดังสมการที่ 2.1

$$T = \frac{S_u \pi D^2 H}{2} + \frac{S_u \pi D^3}{12} \qquad (2.1)$$

โดยที่ S_u คือ กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) (Pa)

T คือ แรงบิดมากที่สุด (Maximum Torque Force) (N.m)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (Vane) (m)

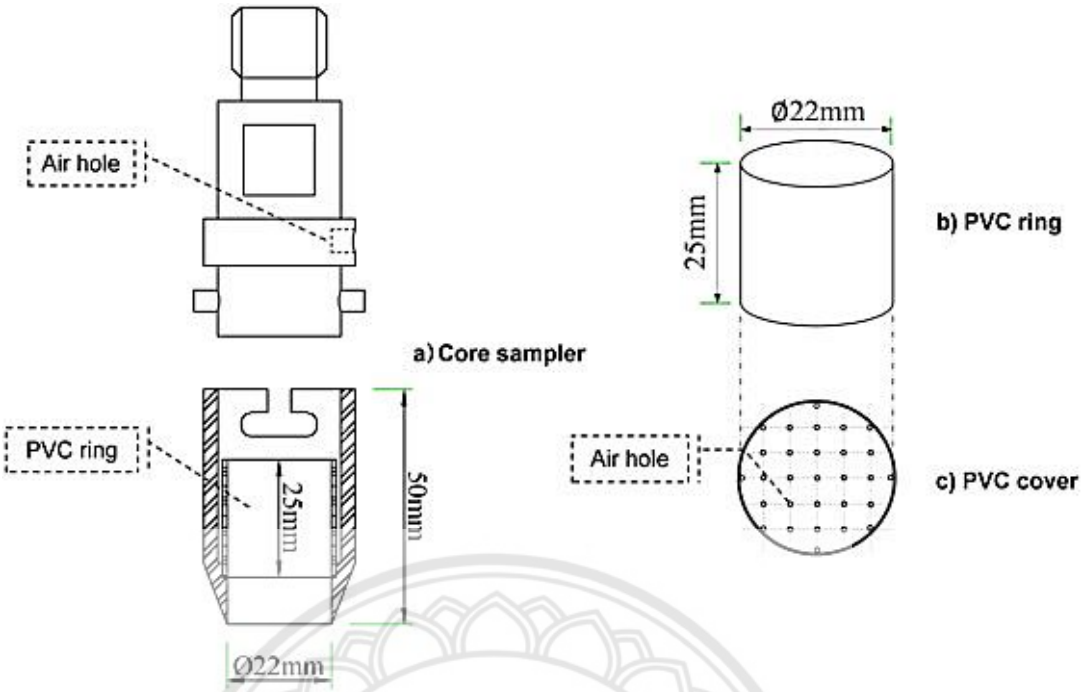
H คือ ความสูงของใบพัด (Vane) (m)

2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและวิธีเก็บตัวอย่างดิน

2.3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบต่างๆ

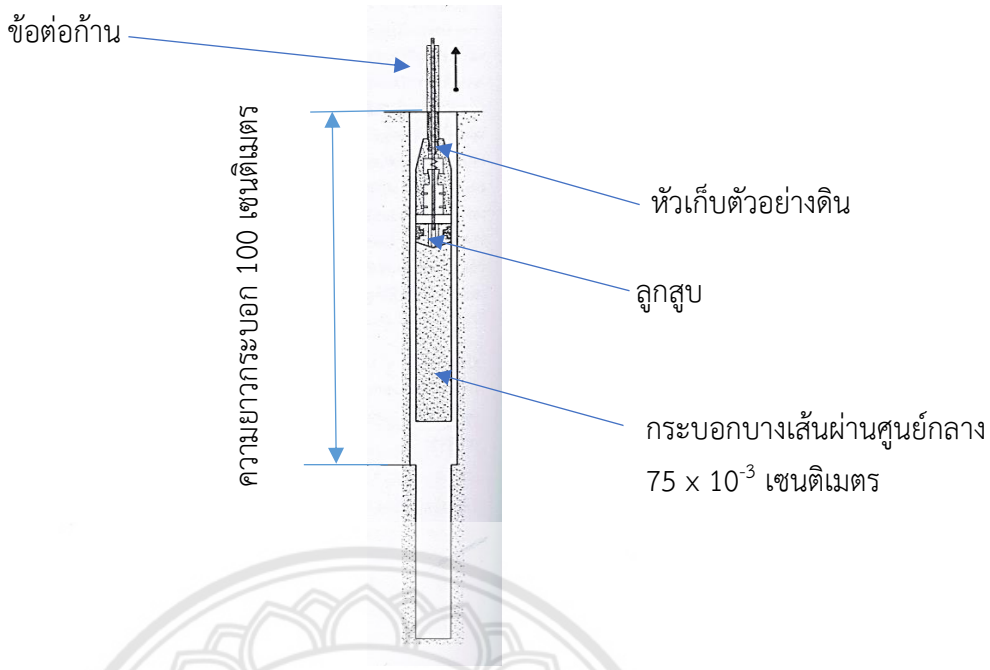
2.3.1.1 การเก็บตัวอย่างดินแบบกระบอกบาง ในการเก็บตัวอย่างดิน กระบอกจะตั้งฉากกับผิวดินและถูกกดลงไปในชั้นดิน ด้วยแรงกดที่กระทำในหนึ่งจังหวะครั้งเดียว ด้วยอัตราการกดที่เร็วและต่อเนื่องกันตลอด ควรหลีกเลี่ยงการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการตอก เมื่อกดเก็บตัวอย่างได้ระยะที่ต้องการ ให้หมุนก้านเจาะเพื่อให้ตัวอย่างบริเวณปลายถูกตัดเฉือนขาดจากชั้นดินเดิม แล้วนำกระบอกเก็บดินกลับขึ้นมาจากหลุมเพื่อทำความสะอาด

2.3.1.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่อ่อนไหวต่อความเป็นแม่เหล็ก ของ Bartington รุ่น MS2 [3] ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำสูงและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย และถูกนำมาประยุกต์ใช้หลากหลาย โดยถูกพัฒนามาจาก รุ่น M1 ที่เป็นชุดทดลองที่มีขนาดใหญ่ โดยทำการพัฒนาให้มีการเจาะรูระบายอากาศกับตัวอุปกรณ์ เพื่อลดการอัดตัวของชั้นดิน (รูปที่ 2.4) และถูกพัฒนาให้มีเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดดิน ในการสุ่มตัวอย่างดินจะมีวงแหวนพีวีซีเพื่อบังคับให้ดินตัวอย่างอยู่ในบริเวณวงแหวน ดินจะไม่ถูกรบกวนเมื่อทำการดึงดินออกจากวงแหวน และอุปกรณ์นี้สามารถเก็บดินได้ระดับความลึกที่กำหนดไว้ ข้อดีของอุปกรณ์ของ Bartington รุ่น MS2 คือ ขนาดเล็กสะดวกต่อการใช้งาน และมีช่องระบายอากาศที่ช่วยลดการอัดแน่นของดิน ข้อเสีย มีการถูกรบกวนจากการขุดเปิดหน้าดิน



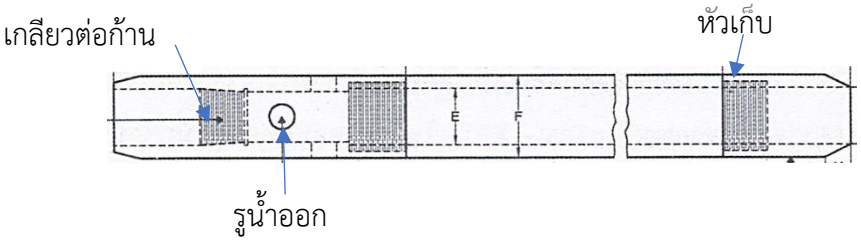
รูปที่ 2.4 แบบของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน และวงแหวนพีวีซีสำหรับเก็บดินของระบบอ่อนไหวต่อความเป็นแม่เหล็ก [3]

2.3.1.3 การเก็บตัวอย่างแบบกระบอกสูบ-ชัก (Piston Samplers) กระบอกเก็บตัวอย่างแบบสูบ – ชัก ดังรูปที่ 2.5 มีที่ปิดปากปลายกระบอกด้านหนึ่งไว้ในขณะที่หย่อนกระบอกลงไปยังก้นหลุม ตัวลูกสูบจะถูกถือยึดและวางไว้ให้สัมผัสพอดีกับระดับผิวหน้าของชั้นดินที่ต้องการจะเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนต่อมาจะกดเฉพาะตัวกระบอกภายนอกผ่านก้านเจาะลงไปในชั้นดินในขณะที่ลูกสูบจะถูกตรึงยึดอยู่กับที่แนวตั้งฉากกับผิวหน้าดินก้นหลุม โดยใช้กลไกยึดเฉพาะลูกสูบผ่านก้านลูกสูบให้แยกออกจากระบบการกดกระบอกบางภายนอกในส่วนแรกของช่วงชัก ตัวลูกสูบจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ตัวอย่างดินเข้ามามากกว่าระยะที่กระบอกได้ถูกกดจมลง ในส่วนหลังของช่วงชัก ตัวลูกสูบจะทำหน้าที่ยึดให้ตัวอย่างดินไม่ให้หลุดแยกออกจากหัวลูกสูบด้วยระบบสุญญากาศ ในสภาวะเช่นนี้ตัวลูกสูบจะช่วยให้ตัวอย่างดินเพิ่มขึ้นในกระบอกได้สะดวกต่อเนื่องขึ้น หลังจากที่กระบอกตัวอย่างได้ถูกกดลง และลูกสูบได้เลื่อนเหนือขึ้นไปตำแหน่งใหม่ ให้หมุนกระบอกพร้อมกับลูกสูบเพื่อให้ตัวอย่างดินในกระบอกถูกตัดเฉือนขาดออกจากชั้นดินส่วนล่างแล้วนำกระบอกลูกสูบพร้อมกับตัวอย่างดินขึ้นมาเหนือปากหลุมเจาะ



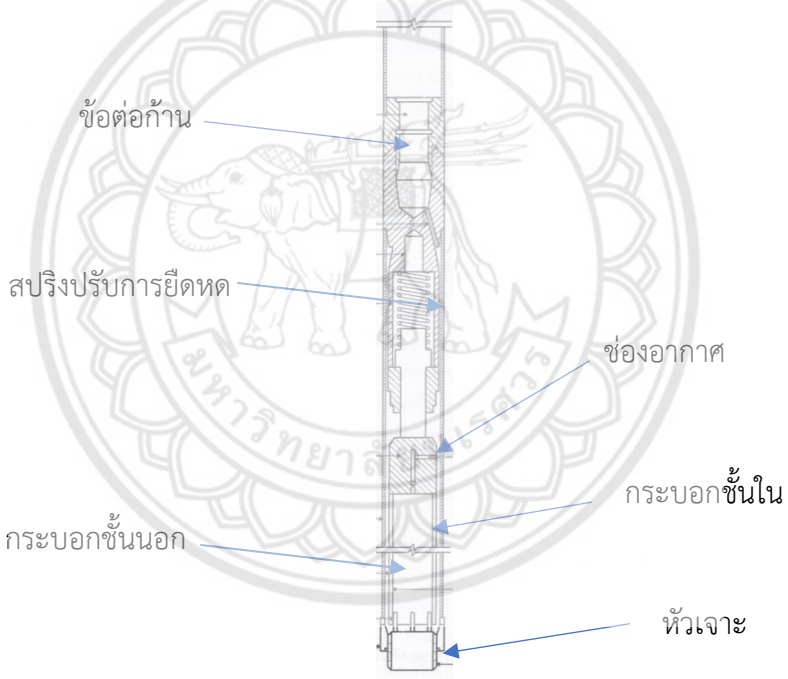
รูปที่ 2.5 การเก็บตัวอย่างกระบอกสูบ-ชัก [4]

2.3.1.4 เก็บตัวอย่างแบบกระบอกผ่า ในการเก็บตัวอย่างดินจากหลุมเจาะด้วยกระบอกผ่า ดังรูปที่ 2.6 หัวเจาะนำจะถูกชักขึ้นมาปากหลุมก่อนและเปลี่ยนส่วนปลายก้านเจาะเป็นกระบอกผ่าแทน ต่อจากนั้นจะหย่อนลงไปวางบนก้นหลุมที่ล้างไว้สะอาดแล้ว โดยปกติจะทดสอบการฝังจมมาตรฐานด้วยการตอกตุ้มน้ำหนักที่กำหนดผ่าก้านเจาะให้กระบอกผ่าจมลงไปในชั้นดินที่ยังไม่ถูกการเจาะรบกวน จากขบวนการทดสอบดังกล่าวจะทำให้ตัวอย่างดินเคลื่อนเข้ามาภายในกระบอกผ่าเก็บตัวอย่าง เมื่อทดสอบเสร็จจึงนำกระบอกผ่าขึ้นมาเหนือปากหลุม



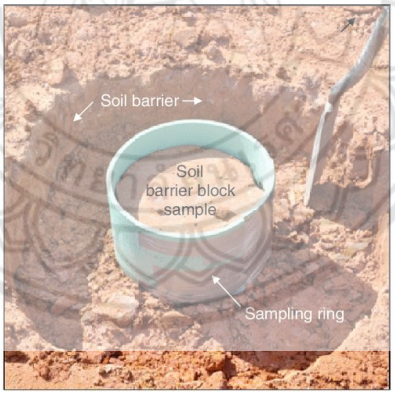
รูปที่ 2.6 กระบอกผ่าเก็บตัวอย่าง [4]

2.3.1.5 การเก็บตัวอย่างแบบแท่งแกน (Core Sample) หัวเจาะที่อยู่ปลายกระบอกชั้นนอกสุดจะหมุนเจาะชั้นดินรอบนอกตัวอย่าง ในขณะที่กระบอกเหล็กภายในจะอยู่นิ่ง โดยปลายหัวตัดแท่งตัวอย่างจะถูกกดให้ฝังแนบกับดินตัวอย่างตลอดเวลาด้วยระบบสปริงที่ติดอยู่ปลายด้านบน ทั้งนี้ ได้ออกแบบระบบการเจาะมาเพื่อป้องกันน้ำโคลนจากหัวเจาะภายนอกไม่ให้เข้ามาสัมผัสหรือชะล้างแท่งตัวอย่างในกระบอกบาง (ปลอกในสุด) นี้ได้ น้ำที่ใช้เจาะซึ่งไหลผ่านระหว่างผนังด้านนอกของกระบอกชั้นที่ 2 กับผนังด้านในของกระบอกชั้นนอกจะออกสู่ปลายหัวเจาะ และพาตะกอนดินจากก้นหลุมเจาะขึ้นมาสู่ปากหลุมเจาะทางช่องว่างระหว่างภายนอกของกระบอกชั้นนอกสุดกับผนังหลุมเจาะ แท่งแกนดินตัวอย่างที่เก็บได้จะเคลื่อนเข้าสู่กระบอกบางผ่าซีก หรือท่อพลาสติกเก็บตัวอย่างนี้โดยมีขนาดความยาวตามปกติระหว่าง 1.0 เมตร ถึง 1.5 เมตร และแท่งแกนตัวอย่างจะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางได้หลายขนาดตามขนาดของอุปกรณ์เจาะเก็บตัวอย่างที่เลือกใช้ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีขนาดตามความต้องการวิเคราะห์ เช่น ขนาด 52 มิลลิเมตร หรือ 63 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กระบอกแบบแท่งแกน [4]

2.3.1.6 การเก็บตัวอย่างแบบกล่อง (Block Sample) การที่จะเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพที่มีขนาดใหญ่ในบ่อเปิด ดังรูปที่ 2.8 หรือในอุโมงค์ ขุดโดยตรงจะเตรียมกล่องไม้เก็บตัวอย่างสี่เหลี่ยมขนาด 0.30 x 0.30 เมตร หรือกระบอกโลหะขอบเรียบกลวงตลอดไม่มีฝา (หรืออาจมีฝาปิดด้านใดด้านหนึ่งถ้าผู้เก็บมีประสบการณ์และมีความชำนาญมากพอ) กล่องเก็บหรือกระบอกเก็บนี้จะออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของตัวอย่างที่เราต้องการจะทดสอบจริงในห้องปฏิบัติการหลายเท่า ขั้นตอนแรกนำกล่องหรือกระบอกเก็บไปวางอยู่บนบริเวณก้อนดินเหนียวที่ได้ตัดแต่งให้มีขนาดใหญ่กว่าและมีรูปร่างคล้ายกับกล่อง หรือกระบอกที่จะใช้เก็บตัวอย่าง ต่อจากนั้นใช้เกรียง (แผ่นเหล็กบาง) หรือมีดบางค่อยๆ บรรจงปาดแต่งก้อนดินรอบๆกล่อง หรือกระบอกออกอย่างประณีตจนสามารถสวมและกดกล่องเก็บลงแทนที่ตัวอย่างดินด้านบนที่ได้ถูกปาดออกทีละน้อย ให้ลึกต่ำลงไปอีกประมาณครั้งละ 2-3 เซนติเมตร จนกระทั่งกล่องเก็บสามารถสวมครอบตัวอย่างดินได้ครบตลอดความสูง จากนั้นใช้มีดหรือเกรียงตัดใต้ก้อนตัวอย่างดินให้ขาดออกจากชั้นดินเดิม ต่อไปจึงแต่งผิวตัวอย่างดินที่ได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง (โดยการกลับเอาด้านล่างขึ้นมา) ให้เรียบแล้วเทขี้ผึ้งรอบๆ ร่องที่อาจมีได้ระหว่างผิวตัวอย่างดินกับกล่องเก็บพร้อมทั้งเทขี้ผึ้งปิดหัว-ท้ายให้หนา และสนิทเพื่อป้องกันความชื้นระเหยออก หรืออาจใช้ฝาโลหะปิดหัวท้ายแล้วผนึกให้สนิทก็ได้ การใช้มีดหรือเกรียงตัดแต่งตัวอย่างดินเหนียวจะเหมาะสำหรับดินเหนียวที่แข็ง ซึ่งบางครั้งถ้าตัวอย่างเป็นวัสดุดินเหนียวอ่อนหรือดินเหนียวอ่อนมาก อาจต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ตัดแต่งเป็นลวดเหล็กหรือลวดเปียโนที่ขึงตึงแทนการตัดด้วยมีด



รูปที่ 2.8 Block Sample [4]

2.3.1.7 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT (Asian Institute of Technology) ดังรูปที่ 2.9 มีการใช้งานอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร มีขนาดเล็ก พกพาสะดวก เป็นอุปกรณ์แบบที่ใช้แรงคนในการกดอุปกรณ์ลงดินให้ได้ระดับความลึกตามที่กำหนด และในระดับความลึกถัดไปจะต้องมีการขุดเปิดหน้าดินออกให้ได้ระดับความลึกที่กำหนด แล้วจึงทำการกดอุปกรณ์เพื่อเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกถัดไป

รูปที่ 2.9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างดินแต่ละลักษณะ

รูปแบบ	วิธีการ	อุปกรณ์	ชนิดดินที่เหมาะสม	การรบกวนดิน	ข้อจำกัด
กระบอกบาง	เจาะหลุมถึงระดับแล้วกดเก็บโดยตรง	กระบอกบางเปิด	ดินเหนียว	น้อย	การเก็บในดินเหนียวแข็งมาก กระบอกอาจชำรุด
ของ Bartington รุ่น MS2	ให้อุปกรณ์ตั้งตรงกับผิวดินและกดอุปกรณ์ลงในดิน	กระบอกบาง มีวงแหวนอยู่ข้างใน	ดินเหนียวอ่อน	น้อย	มีการถูกรบกวนจากการขุดเปิดหน้าดิน
กระบอกสูบ-ชัก	เจาะหลุมถึงระดับแล้วกดเก็บโดยตรงหรือกดถึงระดับแล้วจะเปิดปลายเพื่อเก็บตัวอย่าง	กระบอกบางจะมีลูกสูบจับยึดตัวอย่างแกนใน	ดินเหนียวอ่อน	น้อยมาก	ระบบซับซ้อนและใช้เวลามากจึงเก็บในดินอ่อน
กระบอกผ่า	เจาะหลุมถึงระดับแล้วตอก	กระบอกหนาผ่า 2 ซีกประกบกัน	ทุกชนิด	ปานกลาง	ตัวอย่างดินถูกรบกวนจึงเหมาะสมกับการทดสอบได้เฉพาะสมบัติทางกายภาพหรือดัชนีจำแนกดินทั่วไป
ตัวอย่างแท่งแกน	เจาะหลุมถึงระดับแล้วเจาะปั่น	กระบอก 3 ชั้น มีปลาย-หดได้	ดินเหนียวแข็งมากหรือหินผุ	น้อย	อุปกรณ์มีราคาสูงมากและอาจต้องลงท่อตาม
ตัวอย่าง Block	ขุดเปิดบ่อแล้วใช้มือตัดแต่ง	กล่องพร้อมมีดบางหรือเกรียงตัดดิน	ดินเหนียว	น้อยมาก	เจาะหลุมที่ความลึกสูงสุดไม่เกิน 2-3 เมตร
AIT	ใช้แรงคนกดอุปกรณ์ลงดิน	กระบอกบาง มีวงแหวนอยู่ข้างใน	ดินเหนียวอ่อน	ปานกลาง	การเก็บดินที่ระดับถัดไปต้องขุดเปิดหน้าดิน

2.3.2 วิธีเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

2.3.2.1 เตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น ได้แก่อุปกรณ์สำหรับขุดหรือเจาะเก็บดิน เช่น พลั่ว จอบ และเสียม ส่วนภาชนะที่ใส่ดิน เช่น กระป๋อง ถังพลาสติก กล่องกระดาษแข็ง กระบุง ผ้ายางหรือผ้าพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดินส่งไปวิเคราะห์

2.3.2.2 เลือกพื้นที่ โดยขนาดของแปลงที่จะเก็บตัวอย่างดินจะจำกัดขนาดที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ (ที่ราบ ที่ลุ่ม ที่ดิน ที่ลาดชัน เนื้อดิน สีดิน) ชนิดพืชที่ปลูกและการใช้ปุ๋ยที่ผ่านมา แปลงปลูกพืชที่มีความแตกต่างดังกล่าวจะต้องแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อย เก็บตัวอย่างแยกกันเป็นแต่ละตัวอย่าง พื้นที่ราบเช่น นาข้าวขนาดไม่ควรเกิน 50 ไร่ พื้นที่ลาดชันขนาดแปลงละ 10 – 20 ไร่ พืชผักสวนครัว ไม้ดอก ไม้ประดับขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่ปลูก และขีดเครื่องหมายไว้ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร บนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

2.3.2.3 ให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ตั้งตรงกับผิวดินและกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงในดินที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.10 และหมุนตัดตัวอย่างดินให้เฉือนขาดจากดินเดิมแล้วจึงดึงขึ้นจากหลุม

รูปที่ 2.10 กดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงในดิน

2.3.2.4 ใช้มือดันวงแหวนในกระบอกออก จากนั้นใช้คัตเตอร์ปาดหน้าดินที่เกินวงแหวนออก ดังรูปที่ 2.11 และนำดินในวงแหวนออกมาใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 2.11 การใช้คัตเตอร์ปาดหน้าดินที่เกินวงแหวนออก

2.3.2.5 การเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 - 20 เซนติเมตร ทำโดยขุดเปิดหน้าดินด้วยเสียม ดังรูปที่ 2.12 ใช้ตลับเมตรวัดความลึกของหลุมให้ได้ระดับความลึกที่ 10 เซนติเมตร กดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงแล้วหมุนเฉือนให้ดินขาด ใช้มือดันวงแหวนในกระบอกออก จากนั้นใช้คัตเตอร์ปาดหน้าดินที่เกินวงแหวนออก ดังรูปที่ 2.11 และนำดินในวงแหวนออกมาใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 2.12 ใช้เสียมช่วยในการเปิดหน้าดิน

2.3.2.6 การเก็บตัวอย่างดินในระดับที่ลึกลงไปทำซ้ำตามข้อ 2.3.2.5

2.3.2.7 นำดินในกระป๋องไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน (Soil bulk density) ดังสมการที่ 2.2 และหาค่าความชื้นในดิน (Soil moisture) ดังสมการที่ 2.3

ความหนาแน่นมวลรวมของดิน

$$\rho = \frac{m_s}{V} \tag{2.2}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นมวลรวมของดิน (kg/m^3)

m_s = มวลของดินแห้ง (kg)

V = ปริมาตรของดิน (m^3)

ค่าความชื้นในดิน (ดินแห้ง)

$$\text{ค่าความชื้นในดิน (\%db)} = \frac{m_w}{m_s} \times 100 = \frac{m_T - m_s}{m_s} \times 100 \qquad (2.3)$$

เมื่อ m_w = มวลของดินเปียก (kg)

m_s = มวลของดินแห้ง (kg)

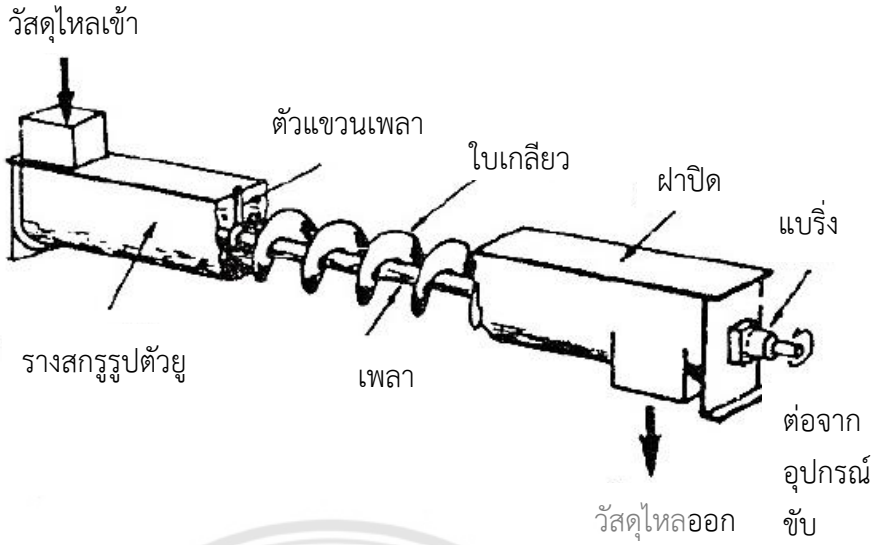
m_T = มวลรวม (kg)

การเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT มีข้อดี คือ สะดวกในการขนย้ายเพราะมีน้ำหนักค่อนข้างเบา ข้อเสีย คือ ใช้แรงคนในการกดอุปกรณ์ซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์เอียง และดินที่ได้มีการถูกรบกวนจากการขุดเปิดหน้าดิน จึงมีแนวคิดในการใช้สกรูลำเลียงดินแทนการใช้เสียมในการขุดเปิดหน้าดิน

2.4 สกรูลำเลียง

2.4.1 ประวัติและความเป็นมา

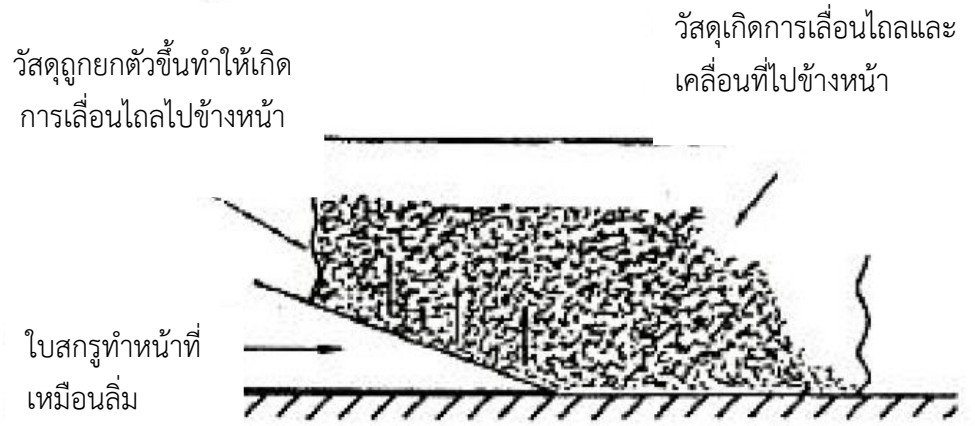
สกรูขนถ่ายวัสดุ (Screw conveyors) เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีการใช้งานมานานกว่า 2000 ปีแล้ว โดยมีชื่อเรียกทั่วไปว่า ระหัดเกลียว (Archimedean screws) ใช้สำหรับขนถ่ายของเหลวและสิ่งปฏิกูล ประกอบด้วย รางสกรู และใบเกลียวก้นหอยที่ยึดติดกัน และหมุนไปพร้อมๆ กันปลายด้านล่างจะจุ่มอยู่ในน้ำ การหมุนจะทำให้น้ำซึ่งอยู่ระหว่างช่องว่างของเกลียวเคลื่อนตัวขึ้นและเลื่อนไถลไปบนใบเกลียว ถึงแม้ว่าสกรูขนถ่ายวัสดุจะมีประสิทธิภาพทางกลสูง แต่จะมีขีดจำกัดในเรื่องของมุมเอียงที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งถ้ามุมเอียงในการขนถ่ายวัสดุมากเกินไปจะทำให้วัสดุไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามใบเกลียวของสกรูได้ ดังนั้นขนาดของใบเกลียว ระยะพิตช์ และมุมเอียงในการขนถ่ายวัสดุจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการขนถ่ายวัสดุ ปัจจุบันจะนิยมทำให้ใบเกลียวของสกรูขนถ่ายวัสดุหมุนอยู่ภายในรางที่อยู่กับที่ และจะนิยมใช้กับการขนถ่ายวัสดุปริมาณมวล สำหรับการใช้งานของสกรูขนถ่ายในอุตสาหกรรม เริ่มแรกมีการใช้ใบพัดไม้ยึดเข้ากับเพลากลวงโดยใบพัดยึดต่อเรียงกันเป็นลักษณะคล้ายใบเกลียว เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ขนถ่ายในแนวระดับสำหรับการขนถ่ายข้าวโพดและแป้ง ต่อมาได้มีการสร้างใบเกลียวแบบต่อเนื่องด้วยเหล็ก ซึ่งมีความแข็งแรงมากขึ้น แต่ยังคงใช้หลักการเทคนิคการขนถ่ายวัสดุแบบเดิมอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ [5]

2.4.2 หลักการทำงานและการใช้งานของสกรูขนถ่ายวัสดุ

สกรูขนถ่ายวัสดุเป็นอุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุที่เหมาะสมสำหรับขนถ่ายวัสดุที่มีคุณสมบัติในการไหลดี คุณสมบัติการไหลดีนี้มีความสำคัญมากต่อการทำงานของสกรูขนถ่ายวัสดุ เนื่องจากใบเกลียวของสกรูที่ติดตั้งอยู่กับเพลา หรือท่อตรงหมุนอยู่ภายในราง หรือท่อที่อยู่กับที่ผลักดันวัสดุไปตามส่วนล่างของรางดังแสดงในรูปที่ 2.14 การหมุนของใบเกลียวจะทำให้เกิดการยกวัสดุขึ้นเหมือนลักษณะของลิ่ม การเคลื่อนที่ขึ้นของวัสดุจะทำให้วัสดุเกิดการเลื่อนไถลไปข้างหน้าได้ และการหมุนของใบเกลียวจะทำงานเสมือนลิ่มที่ทำหน้าที่ผลักดัน และตัดเฉือนวัสดุ จากการหมุนของใบเกลียวทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้อย่างต่อเนื่อง ตัวรางของสกรู ขนถ่ายวัสดุโดยทั่วไปสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ รางแบบกลม และรางแบบตัวยู ซึ่งรางแบบกลมจะเป็นสกรูที่ใช้ความเร็วรอบสูงเป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้สามารถนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้ และยังใช้สำหรับการขนถ่ายวัสดุตามแนวดิ่ง โดยวัสดุจะต้องมีน้ำหนักเบาและคุณสมบัติในการไหลได้ดี ส่วนรางแบบตัวยูจะใช้ความเร็วต่ำกว่า และเป็นแบบที่ติดตั้งอยู่กับที่สกรูขนถ่ายเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่สามารถจ่ายวัสดุ และรับวัสดุได้หลายตำแหน่ง โดยการใช้วาล์วเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของวัสดุ และยังเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่สามารถควบคุมปริมาณการขนถ่ายวัสดุได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.14 ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุบนใบเกลียว [5]

2.4.3 ประเภทของใบเกลียวสกรู

ใบเกลียว (Screw flight) ของสกรูขนถ่ายวัสดุโดยทั่วไปจะมีขนาดเท่ากับระยะพิตช์ของใบเกลียว และมีกรรมวิธีในการผลิต 2 แบบ ดังนี้ ทำจากแผ่นเหล็กตัดเป็นวงกลมที่มีรูกลมตรงกลาง จากนั้นตัดแผ่นวงกลม เพื่อนำมาเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะเกลียวแล้วนำไปเชื่อมติดกับเพลาอีกทีหนึ่ง ซึ่งเป็นเกลียวที่มีความหนาของใบเกลียวเท่ากันตลอด อีกวิธีหนึ่งเป็นการผลิตจากแท่งโลหะนำมารีดขึ้นรูปจนมีลักษณะเป็นสกรูทั้งแบบ สกรูเกลียวขวาจะมีเกลียวหมุนตามเข็มนาฬิกา และสกรูเกลียวซ้ายจะมีใบเกลียวหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยใบเกลียวของสกรูลักษณะต่างๆ และรูปแบบการใช้งานของใบสกรู มีมากมายขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน รูปที่ 2.15 เป็นลักษณะรูปร่างขอบใบสกรูประเภทต่างๆ และการใช้งานโดยมีรายละเอียดดังต่อไปดังนี้

2.4.3.1 ใบสกรูแบบตัด (Cut flight) (รูปที่ 2.15 (a)) มีรอยตัดบากใบสกรู ที่เส้นรอบวงของทั้งแบบ Helicoid หรือแบบ Sectional รอยบากนี้จะช่วยเสริมปฏิกิริยาการขนถ่ายที่มีการผสมให้เข้ากันปานกลาง ใบสกรูแบบนี้ใช้กับวัสดุเบา ละเอียดเป็นเมล็ด หรือเป็นสะเก็ด

2.4.3.2 ใบสกรูแบบตัดและพับ (Cut and folded flight) (รูปที่ 2.15 (b)) จะมีส่วนที่ถูกพับซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้เป็นใบพัดสำหรับยกเพื่อผลในการคลุกเคล้า กวน และการทำให้ฟูด้วยอากาศ (Aeration) ซึ่งเป็นผลดีในการผสม ใบสกรูแบบนี้จะใช้กับวัสดุน้ำหนักเบา และน้ำหนักปานกลาง

2.4.3.3 ใบสกรูแบบตัดและมีใบพัด (Cut flight with paddles (รูปที่ 2.15 (c)) ติดอยู่เป็นช่วงๆ และเป็นตัวขวางการไหลของวัสดุเพื่อเพิ่มปฏิกิริยาการกวนและคลุกเคล้าของใบสกรูแบบตัด

2.4.3.4 ใบสกรูแบบมีใบพัด (Conveyor screws with paddles) (รูปที่ 2.15 (d)) มีใบพัดติดอยู่เป็นช่วงๆ และเป็นตัวขวางการไหลไปข้างหน้าเป็นบางส่วน เพื่อการผสมอย่างพอสมควร

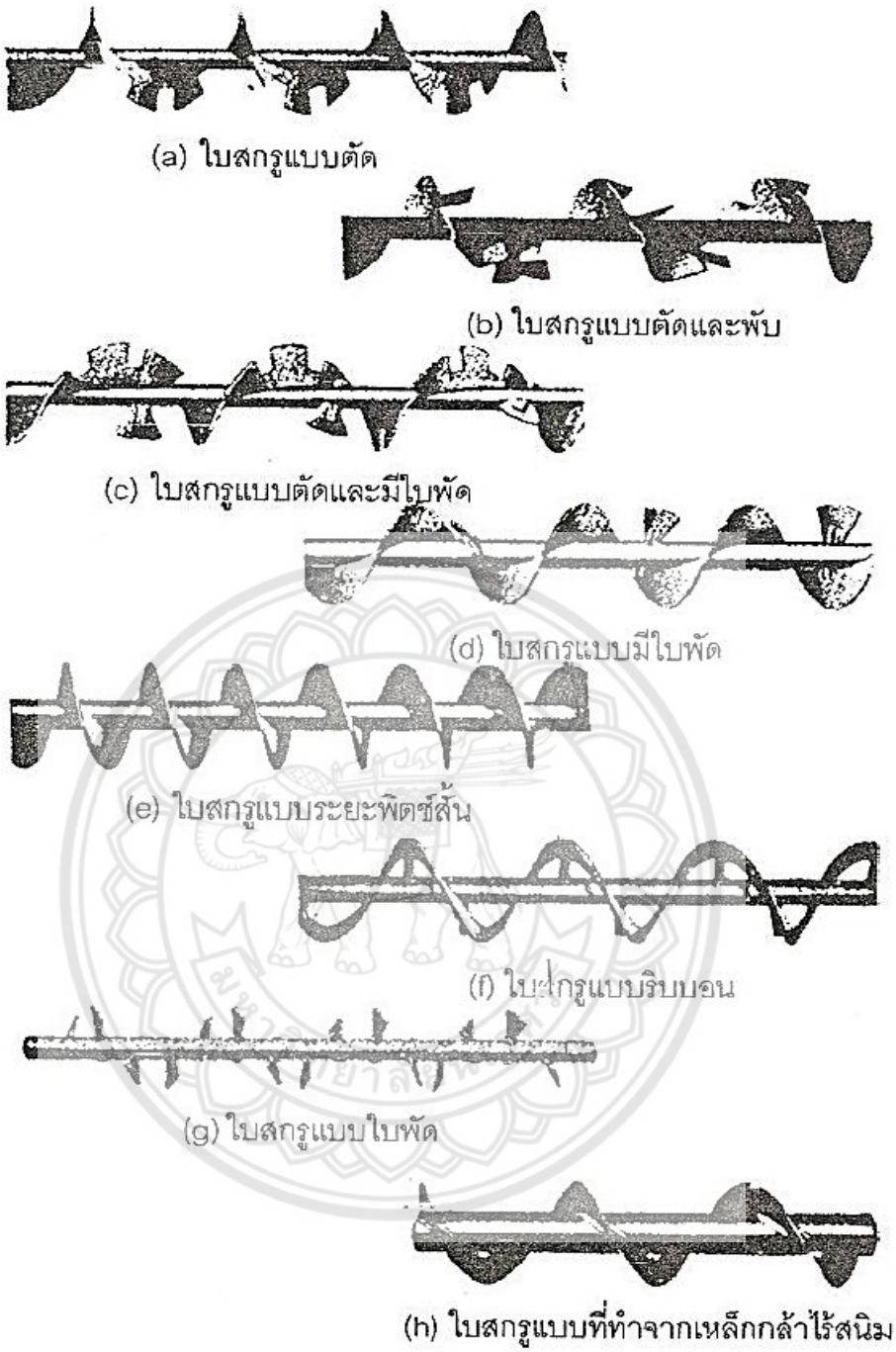
หรือการกวนวัสดุในขณะขนถ่ายใบพัดปรับได้และอาจจะปรับมุมต่างๆ สำหรับระดับการกวนมากน้อยตามต้องการ ใบสกรูแบบนี้จะใช้กับวัสดุน้ำหนักเบา หรือปานกลาง ละเอียดเป็นเมล็ดหรือเกล็ด

2.4.3.5 ใบสกรูแบบระยะพิตช์สั้น (Short pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.15 (e)) โครงสร้างจะเป็นแบบทั่วๆ ไป ยกเว้นระยะพิตช์ของใบสกรูจะสั้น เหมาะที่จะใช้ขนถ่ายในแนวเอียงมากกว่า 20 องศารวมทั้งขนถ่ายในแนวดิ่งและใช้เป็น สกรูป้อนวัสดุสกรูขนถ่ายแบบนี้ ยังเป็นตัวหน่วงการไหลของวัสดุด้วย

2.4.3.6 ใบสกรูแบบริบบอน (Ribbon flight) (รูปที่ 2.15 (f)) ประกอบด้วยใบสกรูทำจากเส้นเหล็กแบน ยึดอยู่กับท่อด้วยหูรองรับ (Supporting lugs) ใบสกรูแบบนี้ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุเหนียว หรือวัดสุที่มักเหนียวยึดใบสกรู ให้ติดกับท่อ

2.4.3.7 ใบสกรูแบบใบพัด (Paddles) (รูปที่ 2.15 (g)) ติดตั้งอยู่บนก้านโลหะสอดทะลุผ่านท่อ ปฏิกิริยาการขนถ่ายสามารถควบคุมได้โดยการปรับมุมของใบพาย ใบสกรู แบบนี้ใช้สำหรับการผสม (Mixing) การผสมผสาน (Blending) หรือการกวนแห้ง หรือวัสดุของไหล (Fluid materials)

2.4.3.8 ใบสกรูแบบที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) (รูปที่ 2.15 (h)) ใช้งานที่ต้องการโดยเฉพาะความเรียบของผิวหน้ามีหลายระดับตามต้องการตั้งแต่ผิวด้านไปจนถึงผิวมันวาวเล็กน้อย หรือผิวมันวาวคล้ายกระจก โดยการขัดสกรูขนถ่ายแบบนี้ เหมาะสมกับงานสุขอนามัยในการขนถ่ายอาหาร ยาเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับความต้านทานต่อการผุกร่อน และการใช้งานที่มีความร้อนปานกลางจนถึงสูงสุดดังแสดงดังตารางที่ 2.2

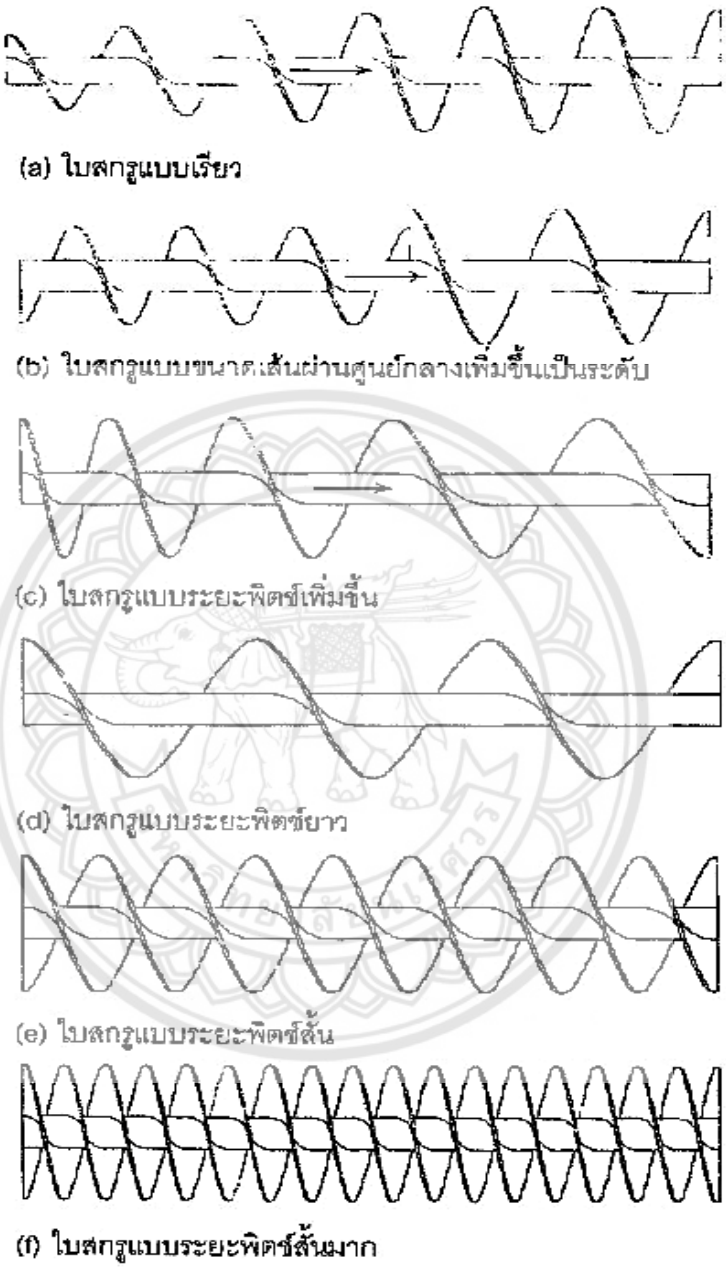


รูปที่ 2.15 ลักษณะต่างๆ ของใบสกรู [5]

ตารางที่ 2.2 สรุปการเปรียบเทียบใบสกรู

รูปแบบ	ข้อดี	ประเภทของวัสดุที่ขนถ่าย
ใบสกรูแบบตัด	เสริมปฏิกิริยาการขนถ่ายที่มีการผสมให้เข้ากันปานกลาง ใบ	ละเอียดเป็นเมล็ด หรือเป็นสะเก็ด
ใบสกรูแบบตัดและพับ	การทำให้ฟูด้วยอากาศ	วัสดุน้ำหนักเบา และน้ำหนักปานกลาง
ใบสกรูแบบตัดและมีใบพัด	เพิ่มปฏิกิริยาการกวนและคลุกเคล้า	-
ใบสกรูแบบมีใบพัด	การกวนวัสดุในขณะขนถ่าย ใบพัดปรับได้	วัสดุน้ำหนักเบา หรือปานกลาง ละเอียดเป็นเมล็ดหรือเกล็ด
ใบสกรูแบบระยะพิตช์สั้น	ขนถ่ายในแนวเอียงมากกว่า 20 องศาได้ และเป็นตัวหน่วงการไหลของวัสดุด้วย	-
ใบสกรูแบบริบบอน	ผสมได้แบบแห้งและเปียก และไม่เกิดแรงเฉือนระหว่างวัสดุ	วัสดุเหลวมีความหนืดและความเหนียว
ใบสกรูแบบใบพัด	ใช้การผสมผสาน หรือการกวนแห้ง	-
ใบสกรูแบบที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม	ต้านทานต่อการผุกร่อน และความร้อนปานกลางจนถึงสูงสุด	อาหาร ยาเคมีภัณฑ์

รูปที่ 2.16 แสดงใบสกรูแบบมีระยะพิตช์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาดร่วมกันเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน และมีรายละเอียดของการใช้งานดังต่อไปนี้ [5]



รูปที่ 2.16 ใบสกรูแบบมีระยะพิตช์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดร่วมกัน [5]

2.4.3.9 ใบสกรูแบบเรียว (Tapering flight) (รูปที่ 2.16 (a)) มักใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุสำหรับการขนถ่ายวัสดุก้อน เปราะ ร่วนจากถังเก็บแบบ Bins หรือ Hoppers และยังใช้ดูดวัสดุจากช่วงป้อนวัสดุได้ตลอดช่วงความยาวอย่างสม่ำเสมอ

2.4.3.10 ใบสกรูแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็นระดับ (Stepped diameter conveyor screws) (รูปที่ 2.16 (b)) ประกอบด้วยใบสกรู ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันใบสกรู แต่ละช่วงจะมีระยะพิตช์สม่ำเสมอ ติดตั้งเรียงตามกันบนท่อท่อเดียว หรือเพลาเดียว มักใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุโดยด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะติดตังอยู่ใต้ถังเก็บ (Bins or hoppers) เพื่อควบคุมการไหลของวัสดุ

2.4.3.11 ใบสกรูแบบระยะพิตช์เพิ่มขึ้น (Stepped pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.16 (c)) มีใบสกรูใบเดียวหรือเป็นกลุ่ม ระยะพิตช์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ใช้เป็นสกรูป้อนวัสดุโดยให้ดูวัสดุละเอียดไหลอิสระสม่ำเสมอจากช่องป้อนวัสดุได้ตลอดช่วงความยาวอย่างสม่ำเสมอ

2.4.3.12 ใบสกรูแบบระยะพิตช์ยาว (Long pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.16 (d)) ใช้เป็นเครื่องกวน (Agitators) สำหรับของไหล หรือใช้ขนถ่ายวัสดุไหลอิสระด้วยความเร็วสูง

2.4.3.13 ใบสกรูแบบระยะพิตช์สั้น (Double flight conveyor screws) (รูปที่ 2.16 (e)) มีระยะพิตช์สม่ำเสมอ ช่วยให้การไหลช้าราบเรียบ และปล่อยวัสดุออกได้แน่นอน

2.4.3.14 ใบสกรูแบบระยะพิตช์สั้นมาก (Double flight short pitch conveyor screws) (รูปที่ 2.16 (f)) มีความแม่นยำที่แน่นอนมากกว่าในการป้อน และการไหลภายในสกรู ป้อนวัสดุ และมีผลต่อการยับยังปฏิกิริยาไหลพุ่งของวัสดุเหลว

โดยผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบเลือกใช้ใบสกรูแบบเรียวที่มีลักษณะเป็นเกลียวขวา มีระยะพิตช์ที่สั้น และระยะพิตช์ที่เท่ากัน เพื่อต้องการให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เคลื่อนที่ลงไปในดิน และสามารถดึงดินขึ้นจากหลุมได้

2.4.4 การหาขนาดสกรูขนถ่ายวัสดุ

2.4.4.1 การพิจารณาออกแบบขนถ่ายวัสดุ ในการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุจะขึ้นอยู่กับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่จะขนถ่ายและหลักการทำงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุชนิดต่างๆ ข้อสำคัญในการออกแบบของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุใดๆ ก็คือความรู้ความเข้าใจถึงทิศทางที่วัสดุจะไหลผ่านและผลกระทบอื่นๆ ต่อการไหลของวัสดุ อัตราการขนถ่ายวัสดุปริมาณมวลมาก จะมีหน่วยเป็นตันต่อชั่วโมง อัตราการขนถ่ายวัสดุสูงสุดมักมากกว่าอัตราการขนถ่ายเฉลี่ยต่อวันหรือต่อชั่วโมง เนื่องจากในบางเวลาอาจมีอัตราการขนถ่ายวัสดุมากหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยได้เช่น ในตอนเริ่มต้น และช่วงสุดท้ายของการขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น นอกจากนี้ยังปรากฏว่าความหนาแน่นของ

วัสดุในขณะขนถ่ายวัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากขณะที่วัสดุกำลังเคลื่อนที่ จะมีอากาศเข้าไปผสมกับวัสดุทำให้ปริมาตรของวัสดุเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความหนาแน่นของวัสดุลดลง ซึ่งอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุขณะขนถ่าย ดังนั้นการกำหนดอัตราการขนถ่ายวัสดุสูงสุดควรกำหนดจากความหนาแน่นของวัสดุในขณะขนถ่าย ในระบบขนถ่ายวัสดุหลายๆ ระบบการจ่ายวัสดุเข้าไปในอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอาจจะมีค่าไม่คงที่ได้ เช่น ประตูเลื่อนด้านล่างของถังเก็บวัสดุ วัสดุจะไหลจากด้านล่างของถังเก็บวัสดุอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความไม่แน่นอนจึงทำให้อัตราการขนถ่ายวัสดุมีค่าไม่คงที่

2.4.4.2 การแบ่งประเภทของวัสดุ จะช่วยในการตัดสินใจเลือกสกรูขนถ่ายวัสดุและการกำหนดอัตราการขนถ่ายวัสดุ วัสดุจะถูกแยกออกเป็นสี่ชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะสามารถเขียนรหัสของวัสดุตามที่สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอเมริกา (Conveyor Equipment Manufacturers Association: CEMA) ได้กำหนดไว้เพื่อความสะดวกในการเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ และการหาอัตราการขนถ่ายวัสดุต่อไป การบอกคุณสมบัติของวัสดุของสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุอเมริกา (CEMA) ในที่นี้จะเริ่มด้วยตัวอักษรบอกขนาดวัสดุ A B C D หรือ E แล้วตามด้วยตัวเลขสองตัว ตัวเลขตัวต่อไปจะเป็นความคมของวัสดุดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์แสดงสมบัติวัสดุ [5]

ตัวอักษรบอกขนาดวัสดุ	**คุณสมบัติการไหล**	**ความคม**
A หมายถึงวัสดุขนาดละเอียดมาก	1 ไหลได้ดีมาก	5 มีความคมน้อย
B หมายถึงวัสดุขนาดละเอียด	2 ไหลได้ดี	6 มีความคมปานกลาง
C หมายถึงวัสดุที่เป็นเมล็ด	3 ไหลได้ปานกลาง	7 มีความคมมาก
D หมายถึงวัสดุที่เป็นก้อน	4 ไหลได้ยาก	-
E หมายถึงวัสดุที่มีขนาดไม่แน่นอน	-	-

2.4.4.3 ข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของวัสดุ ขนาดของสกรูขนถ่ายวัสดุไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับอัตราการขนถ่ายวัสดุที่ต้องการเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุที่ขนถ่ายด้วย วัสดุบางชนิดมีก้อนแข็งไม่แตกตัวขณะผ่านสกรูขนถ่ายวัสดุ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีข้อจำกัดเรื่องของขนาดก้อนวัสดุที่จะขนถ่าย

2.4.5 การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ

ปริมาณวัสดุในรางสกรูจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของสกรูขนถ่ายวัสดุ ซึ่งจะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 45% ของพื้นที่หน้าตัดราง เพื่อป้องกันวัสดุเข้าไปทำความเสียหายกับแบริ่งและปริมาณวัสดุบนพื้นที่หน้าตัดจะลดลงอีกถ้าวัสดุมีความคมมากขึ้น การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของสกรูขนถ่ายวัสดุ สามารถหาได้จากรูปแบบการขนถ่ายวัสดุดังรูปที่ 2.17 การหมุนของสกรูในราง จะทำให้วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างต่อเนื่องในรางของสกรูขนถ่ายวัสดุ วัสดุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วโดยประมาณเท่ากับความเร็วรอบของสกรูที่กำลังหมุนอยู่ในรอบการเคลื่อนที่ของสกรูจะเคลื่อนที่ไปได้หนึ่งเท่าของระยะพิตช์สกรูทำให้ความเร็วเฉลี่ยในการขนถ่ายวัสดุ และความเร็วรอบของสกรูเป็นดังนี้

$$v = pN \tag{2.4}$$

เมื่อ v = ความเร็วเฉลี่ยในการขนถ่ายวัสดุ (m/s)

p = ระยะพิตช์สกรู (m)

N = ความเร็วรอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ (rpm)

ดังนั้นอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5)

$$Q = pNA \tag{2.5}$$

เมื่อ Q = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงปริมาตร (m^3/s)

p = ระยะพิตช์สกรู (m)

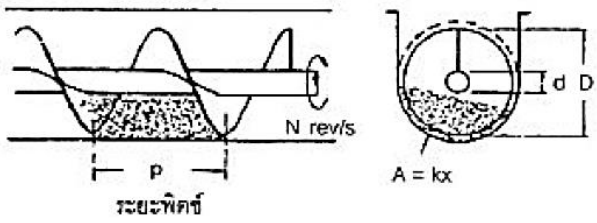
N = ความเร็วรอบของสกรูขนถ่ายวัสดุ (rpm)

$$m_c = \rho_b NA \tag{2.6}$$

เมื่อ m_c = อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวล (kg/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของใบสกรูขนถ่ายวัสดุ (m^2)

ρ_b = ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3)



รูปที่ 2.17 หลักการคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ [5]

ในทางปฏิบัติพื้นที่หน้าตัดของวัสดุจะมีค่าไม่เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของรางสกรูที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงต้องคูณพื้นที่หน้าตัดของสกรูขนถ่ายวัสดุด้วยแฟกเตอร์เต็มราง (k) วัสดุจะแบ่งออกเป็นสี่ชนิด สามารถสรุปการนำค่าแฟกเตอร์ความเต็มรางไปใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุได้ดังต่อไปนี้

1) ประเภทที่ 1 วัสดุเบาไหลได้ดีไม่มีความคม เช่น เมล็ดข้าว แฟกเตอร์ ความเต็มราง

k = 0.45

2) ประเภทที่ 2 วัสดุไม่มีความคม คุณสมบัติในการไหลได้น้อยกว่าประเภทที่ 1 เช่น ข้าวโพดบด แฟกเตอร์ความเต็มราง k = 0.30

3) ประเภทที่ 3 คุณสมบัติในการไหลคล้ายแบบประเภทที่ 2 แต่มีความคมมากกว่า ต้องการความเร็วรอบของสกรูต่ำ เช่น ปูนซีเมนต์ แฟกเตอร์ความเต็มราง k = 0.30

4) ประเภทที่ 4 วัสดุมีความคมและคุณสมบัติการไหลไม่ดีเช่น กากถ่านหิน แฟกเตอร์ความเต็มราง k = 0.15

ค่าแฟกเตอร์ความเต็มรางนี้ ใช้สำหรับการขนถ่ายวัสดุด้วยสกรู ขนถ่ายวัสดุตามแนวระดับเท่านั้น สำหรับการขนถ่ายวัสดุตามแนวเอียง ดังนั้นเมื่อแทนค่าพื้นที่หน้าตัดของใบสกรู ขนถ่ายวัสดุ และรวมค่าแฟกเตอร์ความเต็มรางเข้าไป จะได้เป็นสมการที่ (2.7)

$$m_c = \frac{\rho_b \pi \left(D_s^{\,2} - d^2\right) k p N}{4} \qquad (2.7)$$

เมื่อ D_s = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู (m)

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาสกรู (m)

k = แฟกเตอร์ความเต็มราง

จากสมการที่ (2.5) จะสามารถใช้สำหรับการประมาณค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุเท่านั้น เนื่องจากในทางปฏิบัติ การป้อนวัสดุเข้าสู่สกรูขนถ่ายวัสดุนั้นจะมีอัตราการป้อนวัสดุไม่แน่นอน ทำให้แฟกเตอร์ความเต็มรางมีค่าไม่แน่นอนตามไปด้วย จึงอาจจะทำให้ไม่สามารถคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุที่แน่นอนได้ ในการเลือกและการออกแบบสกรูขนถ่ายวัสดุ ความเร็วรอบสูงสุดของสกรูที่สามารถทำงานได้นั้น จะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู ปริมาณวัสดุในรางสกรู และคุณสมบัติของวัสดุ ซึ่งสามารถหาค่าความเร็วรอบสูงสุดของสกรูถ่ายวัสดุได้

2.5 แนวคิดในการการออกแบบพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

จากการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแบบและสกรูลำเลียงจึงมีแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ดังนี้

2.5.1 สามารถเก็บดินได้ลักษณะแนวตรง

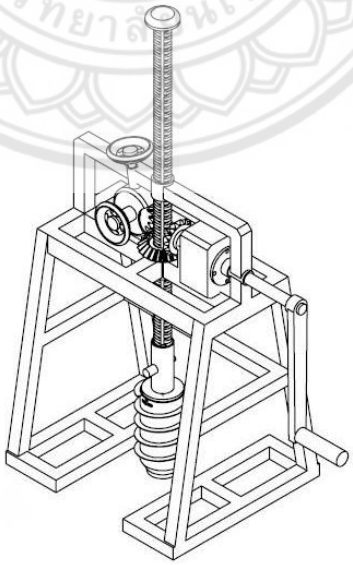
2.5.2 เก็บดินโดยไม่เปิดหน้าดินหรือใช้เครื่องมือขุด สามารถเก็บดินได้ครั้งละ 10 เซนติเมตร

2.5.3 สามารถทำการเก็บดินได้ลึกกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

2.5.4 มีสกรูที่ช่วยทำการเปิดหน้าดินแทนการใช้เสียมขุด

2.5.5 มีอุปกรณ์ในการทดแรงในการหมุนตัวอุปกรณ์เก็บดิน

จากแนวคิดดังกล่าว จึงได้พัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยออกแบบให้ตัวอย่างดินจะไม่ถูกรบกวนจากการขุดเปิดหน้าดิน



รูปที่ 2.18 แนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

หลักการทำงาน จะใช้มือหมุนหมุนผ่านชุดทดเกียร์ที่ขบกับเกียร์ดอกจอกสองตัวขับเพลาเกลียวเหลี่ยมให้เคลื่อนที่ขึ้นลงกดชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินและหมุนชุดสกรูลงดิน โดยมีแบริ่งทำให้ชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินไม่หมุน ในขณะที่ชุดสกรูหมุนนำดินขึ้นด้านบนแทนการขุดเปิดหน้าดิน โดยใช้ใบสกรูเป็นเกลียวขวาแบบเรียวมีระยะพิตช์ที่สั้น และมีระยะพิทช์ที่เท่ากัน และมีสลักยึดให้ชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินกับชุดสกรูยึดติดเป็นชุดเดียวกันเมื่อต้องการหมุนเฉือนดินให้ขาด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานการพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1) ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT วิธีการเก็บตัวอย่างดินและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2) การออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
3) การทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

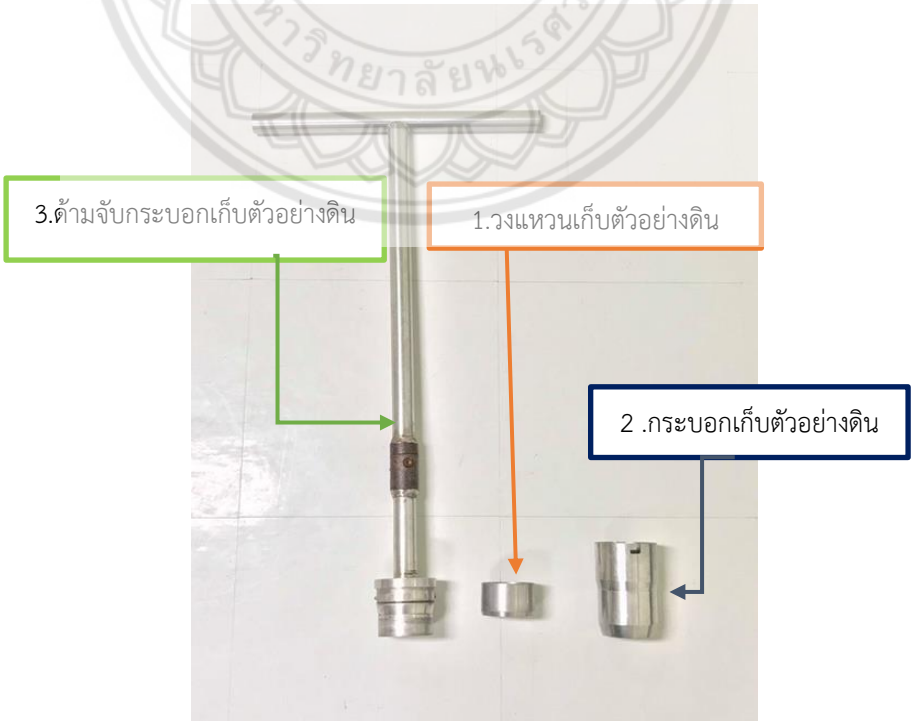
3.1 ศึกษาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.1.1 หลักการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AITเป็นอุปกรณ์แบบที่ใช้แรงคนในการกดอุปกรณ์ลงดินให้ได้ระดับความลึกตามที่กำหนด และในระดับความลึกถัดลงไปจะต้องมีการขุดเปิดหน้าดินออกให้ได้ระดับความลึกตามที่กำหนด แล้วจึงทำการกดอุปกรณ์เพื่อเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกถัดไป

3.1.2 ส่วนประกอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ดังรูปที่ 3.1 มีส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.1.2.1 วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวงมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.6 เซนติเมตร ความยาว 3.65 เซนติเมตร โดยดินตัวอย่างที่เก็บได้จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก

3.1.2.2 กระบอกเก็บตัวอย่างดิน เป็นส่วนที่มีวงแหวนเก็บตัวอย่างดินอยู่ภายในและเป็นส่วนที่ถูกกดลงดิน สามารถกดลงดินได้ถึงระดับความลึก 7 เซนติเมตร

3.1.2.3 ด้ามจับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน มีลักษณะเป็นตัวที ยาว 48 เซนติเมตร

3.1.3 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

3.1.3.1 เลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดิน นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบ AIT กดลงดินให้ถึงระดับความลึก 7 เซนติเมตร จากนั้นหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเพื่อเฉือนดินให้ขาด ดึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินออกจากพื้นดิน (รูปที่ 2.10)

3.1.3.2 นำวงแหวนเก็บตัวอย่างดินออกจากกระบอกเก็บตัวอย่างดิน นำคัตเตอร์ปาดดินให้ผิวดินเรียบเท่ากับวงแหวน นำดินออกจากวงแหวนแล้วเก็บใส่กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (รูปที่ 2.11)

3.1.3.3 ในระดับความลึกถัดลงไป จะมีการขุดเปิดหน้าดินให้ถึงระดับความลึกที่ต้องการ (รูปที่ 2.12) นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน กดลงดินให้ถึงระดับความลึก 7 เซนติเมตร จากนั้นหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเพื่อเฉือนดินให้ขาด ดึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินขึ้น

3.1.3.4 ทำซ้ำตามข้อที่ 3.1.3.2 ถ้าต้องการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความถัดไปให้ทำซ้ำตามข้อที่ 3.1.3.3

3.1.4 ข้อดีอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.1.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินมีขนาดเล็ก และสะดวกในการขนย้าย

3.1.4.2 เก็บตัวอย่างดินได้รวดเร็ว

3.1.5 ข้อเสียอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.1.5.1 การเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกถัดลงไปจะต้องมีการขุดเปิดหน้าดินออกให้ได้ระดับความลึกตามความต้องการ

3.1.5.2 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร เนื่องจากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT กดลงได้ดินระดับความลึกครั้งละ 7 เซนติเมตรเท่านั้น

3.1.5.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แรงคนในการกด เมื่อพบชั้นดินที่แข็ง ทำให้แรงคนไม่สามารถกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงไปได้

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวความคิดออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่ทำการพัฒนารุ่นที่ 1 ให้สามารถเก็บดินได้ในระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร สามารถเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกถัดลงไปได้อย่างต่อเนื่องไม่ต้องขุดเปิดหน้าดิน โดยใช้สกรูในการลำเลียงดินออกจากหลุม และใช้ระบบส่งถ่ายกำลังแทนแรงของคนในการกดอุปกรณ์

3.2 การออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

3.2.1 ข้อพิจารณาที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

3.2.1.1 อุปกรณ์สามารถเก็บดินได้ลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร

3.2.1.2 อุปกรณ์สามารถเก็บดินโดยไม่เปิดหน้าดินหรือใช้เครื่องมือขุด

3.2.1.3 ใช้กลไกส่งกำลังแทนแรงคนที่ใช้ในการกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

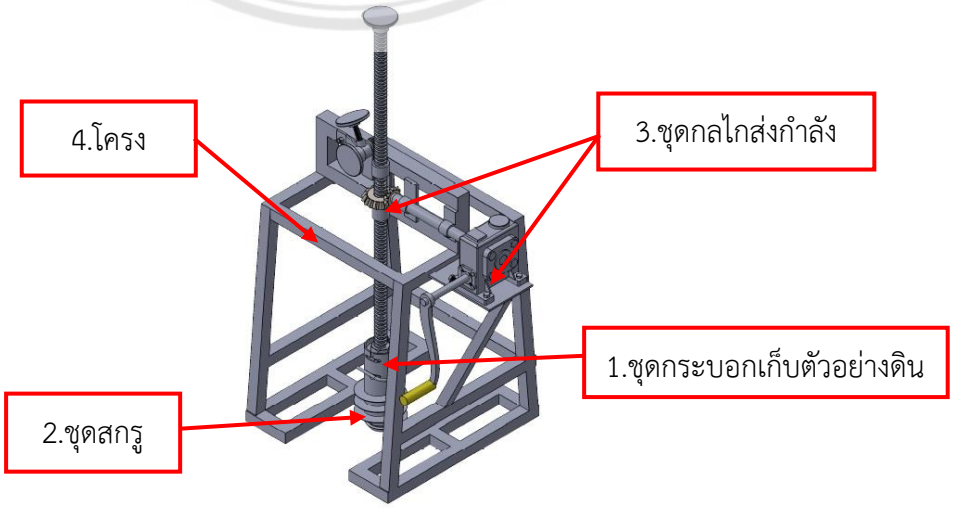
จากข้อพิจารณานี้จึงได้มีการประยุกต์กระบอกเก็บตัวอย่างดิน และวงแหวนเก็บตัวอย่างดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT มาใช้ให้เหมาะสม

3.2.2 หลักการในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินนี้จะต้องสามารถเก็บตัวอย่างดินได้ลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร โดยวงแหวนเก็บตัวอย่างดินจะอยู่ระดับกึ่งกลางของระยะในการเก็บดิน เพื่อให้ดินที่เก็บได้มีค่าเป็นตัวแทนของการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ถูกต้อง มีการใช้กลไกส่งกำลังทางกล เพื่อลดแรงคนในการกดอุปกรณ์ และลดการเปิดหน้าดินโดยใช้สกรูเปิดหน้าดิน

3.3 รายละเอียดในการออกแบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มี 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

หลักการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 คือ เมื่อทำการหมุนมือหมุน เกียร์ทดจะส่งกำลังไปหมุนเกียร์ดอกจอก ทำให้เพลาเกลียวเหลี่ยมเคลื่อนที่ โดยชุดสกรูจะมีการหมุน ส่วนชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินจะไม่หมุน จากนั้นกระบอกเก็บตัวอย่างดินจะเคลื่อนที่ลงในดินจนได้ระดับความลึกที่ต้องการแล้วให้ทำการใส่สลัก เพื่อยึดให้ชุดสกรูและชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินหมุนไปด้วยกัน และให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินหมุนตัดดินภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินให้ขาด แล้วจึงหมุนดึงดินขึ้นมา

3.3.1 ชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน

โดยการออกแบบจะให้วงแหวนเก็บตัวอย่างดินอยู่ที่กึ่งกลางของระยะในการเก็บดินที่ระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตร เพื่อเป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างดินที่ถูกต้อง ชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 3.3 ดังนี้

3.3.1.1 วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน มีขนาดเป็นตัวแทนการเก็บตัวอย่างดินระดับความลึก 10 เซนติเมตร โดยทำจากสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.5 เซนติเมตร สูง 5.35 เซนติเมตร และหนา 0.18 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.3 จากการคำนวณหาปริมาตรจากสมการที่ 3.1 พบว่ามีปริมาตรของวงแหวนเก็บตัวอย่างดิน เท่ากับ 127.107 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$V = \frac{\pi}{4} d_i^{\,2} h \qquad (3.1)$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรของดิน (m^3)

d_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในวงแหวนเก็บดิน (m)

h คือ ความสูงของวงแหวนเก็บดิน (m)

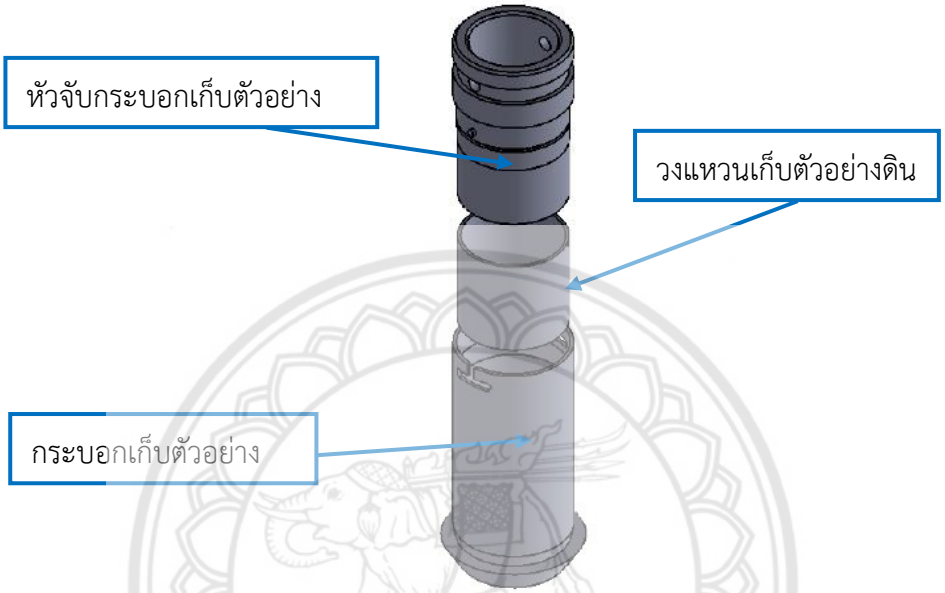
$$V = \frac{\pi}{4}(0.55)^2(0.535)$$

$$V = 127.107 \times 10^{-4} \quad m^3$$

หรือ $$V = 127.107 \quad cm^3$$

3.3.1.2 กระบอกเก็บตัวอย่างดิน มีบ่ารองบริเวณปลายกระบอกเพื่อป้องกันดินอัดแน่นบริเวณระหว่างผิวนอกของกระบอกเก็บตัวอย่างดินกับผิวในของชุดสกรู โดยทำจากสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 6.35 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 5.45 เซนติเมตร และความยาว 13.90 เซนติเมตร มีบ่าไว้รองวงแหวนเก็บดิน และมีรูสลักไว้ยึดหัวจับกับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน แสดงดังรูปที่ 3.3

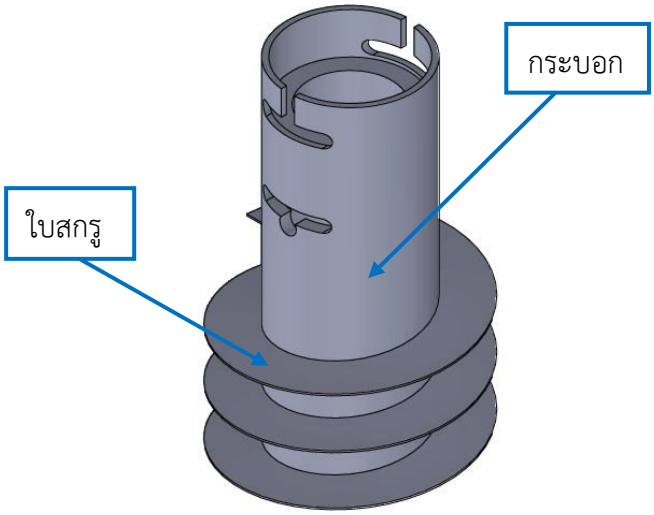
3.3.1.3 หัวจับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน มีการใส่ตลับลูกปืนบริเวณด้านบนหัวจับ เพื่อให้ชุดสกรูมีการเคลื่อนที่และชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินไม่มีการเคลื่อนที่ โดยทำจากสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 6.35 เซนติเมตร สูง 8.85 เซนติเมตร มีส่วนช่วงเพลากลาง ต่อกับวงแหวนเก็บตัวอย่างดินและกระบอกเก็บตัวอย่างดิน มีรูใส่สลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตร เพื่อไว้ยึดชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินกับชุดสกรูเข้าด้วยกัน แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน

3.3.2 ชุดสกรู

ใบสกรูที่ออกแบบเป็นสกรูเกลียวขวาหมุนทิศตามเข็มนาฬิกา เพื่อให้สกรูหมุนลงดิน และลำเลียงดินขึ้นจากหลุม แทนการขุดเปิดหน้าดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ใบสกรูมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.4 ทำจากเหล็กแผ่น มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 12.60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 7.62 เซนติเมตร ความสูง 9 เซนติเมตร มีระยะพิทช์เท่ากับ 3 เซนติเมตร และหนา 0.15 เซนติเมตร โดยใบสกรูจะติดกับกระบอก ดังรูปที่ 3.4 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 7.62 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 6.35 เซนติเมตร สำหรับชุดสกรูจะสวมกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน โดยมีช่องว่างระหว่างชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน เพื่อให้ชุดสกรูและชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 3.4 ชุดสกรู

การหาอัตราการขนถ่ายดิน จากการพิจารณาสมการที่ 2.7

กำหนดให้

ค่าความหนาแน่นของดินเปียก (ρ_b) มีค่าเท่ากับ 1750 kg/m^3 [6]

การออกแบบเพลาสกรูหรือ ณ ที่นี้คือเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกของกระบอก (รูปที่ 3.4) (d) เท่ากับ 0.0762 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู (D_s) เท่ากับ 0.126 m และระยะพิตช์ของใบสกรู (p) เท่ากับ 0.03 m

เนื่องจากไม่มีค่าแฟกเตอร์ของดินจึงเลือกใช้ค่าแฟกเตอร์ถ่านหินซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแฟกเตอร์ดินมากที่สุด (k) เท่ากับ 0.15

จากความสามารถของคนในการหมุนแขนหมุน[7] สามารถหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมสูงสุดที่ $\omega = 100 \ \ \text{deg}/s$

จาก $$1 \ \ \text{deg}/s = \frac{2\pi}{360} = 0.01745 \ \ rad/s$$

$$100 \ \ \text{deg}/s = 1.745 \ \ rad/s$$

จาก $$\omega = \frac{2\pi N}{60} \qquad (3.2)$$

$$N = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{1.745(60)}{2\pi} = 16.66 \ \ rpm$$

จากสมการที่ (2.7) $$m_c = \frac{\rho_b \pi (D_s^{\,2} - d^2) KpN}{4}$$

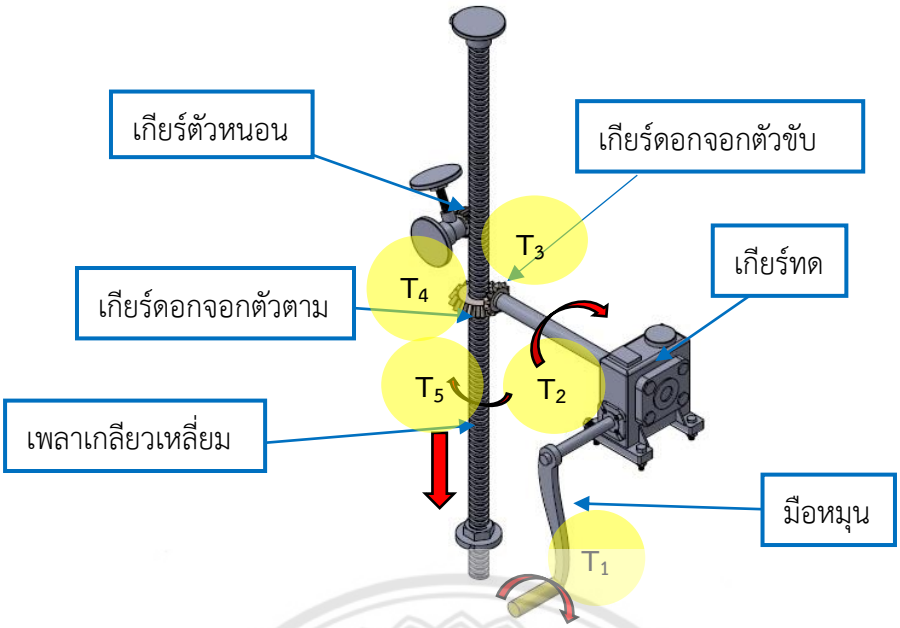
$$m_c = \frac{1750\,\pi (0.126^{\,2} - 0.0762^{\,2})(0.15)(0.03)\left(\frac{16.66}{60}\right)}{4}$$

$$m_c = 0.017 \quad kg/s$$

จากการคำนวณจากสมการที่ 2.7 พบว่า อัตราขนถ่ายของดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เท่ากับ 0.017 kg/s

3.3.3 ชุดกลไกส่งถ่ายกำลัง

เนื่องจากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ต้องใช้แรงคนในการกดอุปกรณ์มาก แต่ที่ระดับความลึกถัดไปต้องทำการเปิดหน้าดินก่อนจึงจะสามารถเก็บตัวอย่างดินได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบกลไกอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.5 โดยใช้มือหมุนยาว 25 เซนติเมตร จะหมุนส่งถ่ายกำลังผ่านชุดทดเกียร์ทดที่อัตราทด 10 : 1 ที่เชื่อมต่อกับเกียร์ดอกจอกในแนวตั้งเป็นตัวขับมี 10 ฟัน และเกียร์ดอกจอกในแนวนอนเป็นตัวตามมี 16 ฟัน ซึ่งจะทำหน้าที่ขับให้เพลาเกลียวเหลี่ยมที่มีระยะพิตช์ 0.6 เซนติเมตร และจะมีเกียร์ตัวหนอนระยะพิตช์ 0.6 เซนติเมตร ทำหน้าที่ควบคุมให้เพลาเกลียวเหลี่ยมเคลื่อนที่ลง โดยใช้จำนวนรอบการหมุนมือหมุนจำนวน 267 รอบเพื่อให้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเคลื่อนที่ลง 10 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 กลไกส่งกำลัง

3.3.3.1 การหาทอร์กที่เพลาเกลียวเหลี่ยม โดยเปรียบเทียบกับทอร์กของแรงเฉือนดิน เพื่อหาความสามารถของแรงที่ใช้ในการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 โดยพิจารณาจากสมการที่ 2.1

การคำนวณหาทอร์กรวมที่ใช้ในการเฉือนดิน (T_T) โดยกำหนดให้

จากการออกแบบเพลาสกรูหรือ ณ ที่นี้คือเส้นผ่านศูนย์กลางวงในของใบสกรู (D_i) (รูปที่ 3.4) เท่ากับ 0.0762 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอกของใบสกรู (D_s) เท่ากับ 0.126 m ความสูงของใบพัดหรือใบสกรู (H) เท่ากับ 0.09 m

จากข้อมูลการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของดินชนิดดินเหนียวปนทราย (Clayey sand) พบว่ามีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Cohesion, c) เท่ากับ 1.63 t/m^2 และมีมุมเสียดทานภายใน (Angle of internal friction, ϕ) เท่ากับ 25 องศา [8]

ทอร์กที่ผิวของชุดสกรู (T_s)

จาก
$$\tau = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad F = \tau A \tag{3.3}$$

คูณ r ทั้งสองข้างสมการ

$$F \cdot r = \tau A r$$

$$T_s = \tau(\pi D_s H)\left(\frac{D_s}{2}\right) = \frac{\pi}{2} D_s^2 H \tau$$

ทอร์กที่บริเวณด้านล่างใบสกรู (T_b)

จาก $$\tau = \frac{dF}{dA} \quad \Rightarrow \quad dF = \tau dA \tag{3.4}$$

คูณ r ทั้งสองข้างสมการ

$$F \cdot r = 2\pi\tau \int_{r_i}^{r_o} r^2 dr$$

$$T_b = 2\pi\tau\left(\frac{r_o^3 - r_i^3}{3}\right) = 2\pi\tau\left(\frac{D_s^3 - D_i^3}{24}\right)$$

จาก $$\tau = \sigma \tan\phi + c \tag{3.5}$$

โดยไม่มีแรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด (Normal stress)

จะได้ $$\tau = c$$

จาก

$$T_T = T_s + T_b = \frac{\pi}{2} D_s^2 H c + 2\pi c\left(\frac{D_s^3 - D_i^3}{24}\right) \tag{3.6}$$

จะได้ทอร์กของแรงเฉือนดินเท่ากับ

$$T_T = \frac{\pi}{2}(0.126^2)(0.09)(1.63\times1000\times9.81) + 2\pi(1.63\times1000\times9.81)\left(\frac{0.126^3 - 0.0762^3}{24}\right)$$

$$T_T = 42.41 N \cdot m$$

ดังนั้น ทอร์กของแรงเฉือนดิน (T_T) เท่ากับ 42.41 N.m

การคำนวณหาทอร์กของคนที่ใช้ในการหมุนมือหมุน (T_1) ดังรูปที่ 3.5

โดยกำหนดให้

แรงหมุนสูงสุดของคนที่สามารถทำได้เท่ากับ 20 N จาก [7]

ความยาวของมือหมุน 0.25 m (รูปที่ 3.5)

จาก $$T = Fr \tag{3.7}$$

แทนค่า $$T_1 = (20)(0.25)$$

$$T_1 = 5 \quad N \cdot m$$

จากการคำนวณจากสมการที่ 3.7 ทอร์กจากการหมุนของแรงคนเท่ากับ 5 N.m

การหาทอร์กที่หมุนเพลาเกลียวเหลี่ยม (T_5) โดยใช้ทอร์กจากการหมุนของแรงคน (T_1) ในการหมุนมือหมุนชุดทดเกียร์เท่ากับ 5 N.m

จาก $$v = \omega r \tag{3.8}$$

$$v = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\left(\frac{2\pi N_1}{60}\right)}{\left(\frac{2\pi N_2}{60}\right)}$$

จะได้ $$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_2}{r_1} \tag{3.9}$$

จากสมการที่ 3.7

$$T_1 = Fr_1$$

$$T_2 = Fr_2$$

จะได้ $$\frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{n_1}{n_2} \tag{3.10}$$

จากสมการที่ 3.10 ทอร์กที่ออกจากเกียร์ทด (T_2) โดยหมุนมือหมุนผ่านเกียร์ทดที่อัตราทด 10 : 1 ($n_2 : n_1$) จะได้เท่ากับ

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{10}$$

$$T_2 = 10T_1 = T_3$$

ทอร์กที่ออกจากเกียร์ทด (T_2) จะเท่ากับทอร์กที่เกียร์ดอกจอกตัวขับ (T_3) ดังรูป 3.5 เนื่องจากอยู่บนเพลาเดียวกัน

หาทอร์กที่เพลาเกลียวเหลี่ยม (T_5) จากทอร์กที่เกียร์ดอกจอกตัวขับ (T_3) ที่มีฟันเกียร์ 10 ฟัน (n_3) ผ่านเกียร์ดอกจอกตัวตามที่มีฟันเกียร์ 16 ฟัน (n_4) โดยทอร์กที่เพลาเกลียวเหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับทอร์กที่เกียร์ดอกจอกตัวตาม เนื่องจากเพลาเกลียวเหลี่ยม (T_5) และเกียร์ดอกจอกตัวตาม (T_4) ติดกันในลักษณะเคลื่อนที่ด้วยกัน ดังรูป 3.5 จากสมการที่ 3.10

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{10}{16}$$

$$\frac{10T_1}{T_4} = \frac{10}{16}$$

$$T_4 = 16T_1$$

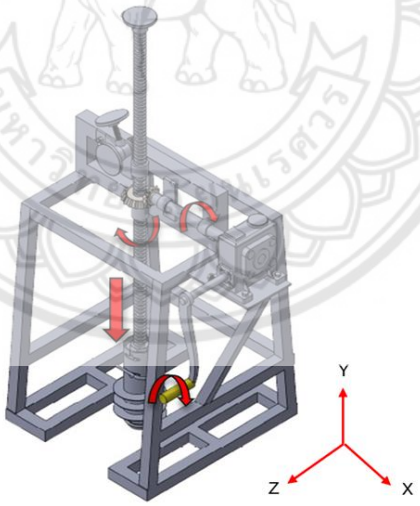
$$T_4 = 16 \times 5$$

จะได้ $T_4 = 80 \ \ N \cdot m$

จากการคำนวณจากสมการที่ 3.10 พบว่าแรงหมุนสูงสุดของคนที่สามารถทำได้ เท่ากับ 20 N เมื่อพิจารณาที่ความยายมือหมุน 0.25 m ทอร์กจากการหมุนของแรงคน (T_1) เท่ากับ 5 N.m เมื่อหมุนมือหมุนผ่านเกียร์ทดที่อัตราทด 10 : 1 ไปขับเฟืองดอกจอก จะได้

เมื่อพิจารณาจากทอร์กรวมที่ใช้ในการเฉือนดิน (T_T) เท่ากับ 42.41 N.m และทอร์กที่หมุนเพลาเกลียวเหลี่ยม (T_5) เท่ากับ 80 N.m จะพบว่าทอร์กที่ใช้หมุนเพลาเกลียวเหลี่ยมให้เคลื่อนที่ มีค่าทอร์กเป็น 1.9 เท่าของทอร์กในการเฉือนดิน ดังนั้น การใช้แรงคนหมุนจะสามารถหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 ลงไปในดินได้

3.3.3.2 จำนวนรอบที่ใช้ในการหมุนอุปกรณ์ที่ให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินเคลื่อนที่ลงไปที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร มีกลไกการหมุน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพรวมการหมุนของระบบเกียร์และเพลา

จากการหมุนมือหมุนจำนวน 10 รอบผ่านเกียร์ทดอัตราทด 10 :1 จะทำให้เกียร์ดอกจอกตัวขับ (10 ฟัน) หมุน 1 รอบ และไปขับเกียร์ดอกจอกตัวตาม (16 ฟัน) หาจำนวนรอบของเกียร์ดอกจอกตัวตาม จากสมการที่ 3.11

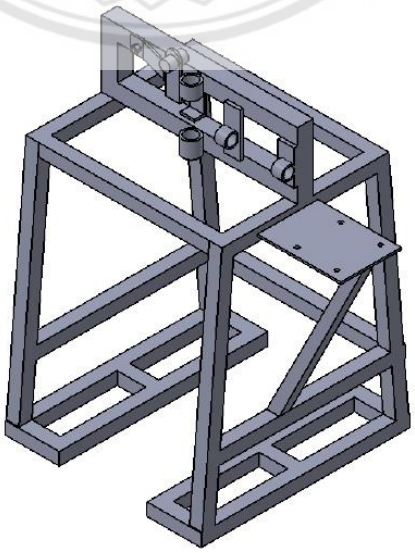
$$\text{รอบ} = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองขับ}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองตาม}} \qquad (3.11)$$

จะได้ จำนวนรอบ $= \frac{10}{16} = 0.625$ รอบ หมายความว่าเกียร์ดอกจอกตัวขับหมุน 1 รอบทำให้เกียร์ดอกจอกตัวตามหมุน 0.625 รอบ และจะทำให้เพลาเกลียวเหลี่ยมหมุนลงเป็นระยะ เท่ากับ $\frac{0.625 \times 0.6}{1} = 0.375$ เซนติเมตร

ดังนั้นเมื่อหมุนมือหมุน 10 รอบ จะทำให้ตัวกระบอกเก็บตัวอย่างดินเคลื่อนที่ลงดินเป็นระยะ 0.375 เซนติเมตร ถ้าต้องการให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินเคลื่อนที่ลงไปในดินให้ได้ 10 เซนติเมตร ในการเก็บตัวอย่างดินที่หนึ่งระดับความลึก ทำให้ต้องหมุนมือหมุนเท่ากับ $\frac{10 \times 10}{0.375} = 266.67$ รอบ หรือประมาณ 267 รอบ สำหรับกรณีที่ต้องการให้ให้ตัวกระบอกเก็บตัวอย่างดินหมุนครบ 1 รอบ จะต้องทำการหมุนที่มือหมุนจำนวน 16 รอบ

3.3.4 โครง

โดยการออกแบบจะให้โครงมีฐานไว้เหยียบ ขนาดความกว้าง 13 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร เพื่ออาศัยน้ำหนักจากการเหยียบของผู้ใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินให้เป็นแรงต้านในการไม่ให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินลอยขึ้นจากดิน ทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 3.05 เซนติเมตร มีความกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 67 เซนติเมตร และสูง 76 เซนติเมตร สำหรับความสูงของอุปกรณ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินสามารถหมุนมือหมุนได้สะดวกสบาย ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครง

3.4 การทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

3.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน เมื่อทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีต่างๆ คือ การเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอก รูปแบบของ AIT และรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

3.4.2 อุปกรณ์

3.4.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง

3.4.2.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.4.2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

3.4.2.4 ตู้อบ

3.4.2.5 กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

3.4.2.6 เสียม

3.4.2.7 คัตเตอร์

3.4.2.8 ถุงซิปล็อก

3.4.2.9 ไม้บรรทัด

3.4.3 แปลงทดสอบ

แปลงทดสอบเป็นแปลงนา โดยเลือกตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างดินบริเวณระหว่างรอยล้อตีนตะขาบทั้งสองข้าง และเลือกพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างดินที่ใกล้เคียงกัน และห่างจากบริเวณที่เป็นร่องน้ำ

3.4.4 การเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอก

3.4.4.1 นำวงแหวนวางบนผิวดิน และเผื่อพื้นที่การเก็บตัวอย่างดินให้ห่างจากวงแหวนเก็บดินประมาณ 5 เซนติเมตร

3.4.4.2 ใช้เสียมขุดดินเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความลึก 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การใช้เสียมขุดดินบริเวณรอบวงแหวนให้เป็นวงกลม

3.4.4.3 ใช้คัตเตอร์เหลาดินให้เป็นแท่ง และมีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในวงแหวนเก็บตัวอย่างดินให้มากที่สุด ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การใช้คัตเตอร์เหลาดินให้เป็นแท่ง

3.4.4.4 ใช้แหวนตัดดินที่ระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตร นำดินขึ้นมาและทำการแบ่งตัดดินที่กึ่งกลางของแท่งดินคือ 5 เซนติเมตร โดยเลือกตัดดินที่ด้านบนและด้านล่างอย่างละ 2.5 เซนติเมตร ซึ่งจะได้ตัวแทนของดินที่ระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 10 - 20 เซนติเมตร ให้ทำซ้ำ จากนั้นนำดินใส่ในกระป๋อง ปิดฝา และนำไปใส่ในถุงซิปล็อก

3.4.4.5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 - 4 ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกันอีก 2 หลุม

3.4.5 การเก็บตัวอย่างดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.4.5.1 นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT กดลงบนผิวดินให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินจมลงดินถึงเครื่องหมายที่ขีดไว้ ดังรูปที่ 3.10 (ก) สาเหตุที่มีเครื่องหมายที่ขีดไว้บนกระบอกเก็บตัวอย่างดินคือ เมื่อทำการกดกระบอกลงในดิน ดังรูปที่ 3.10 (ข) ต้องระวังไม่ให้เกินเครื่องหมายที่ขีดไว้บนกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ถ้าเกินจะทำให้ดินที่อยู่ภายในอัดแน่น ซึ่งส่งผลต่อค่าความหนาแน่นมวลรวมที่นำมาวิเคราะห์อาจเกิดข้อผิดพลาดในการทดสอบได้

(ก) กระบอกเก็บตัวอย่างดินขณะกดลงบนผิวดิน (ข) ลักษณะท่าทางในการออกแรงกดของคน

รูปที่ 3.10 การกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.4.5.2 เมื่อกดลงบนดินจนถึงระดับความลึกที่ขีดเครื่องหมายไว้ ให้ดึงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินออก โดยการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT เพื่อเฉือนดินให้ขาด จากนั้นนำวงแหวนเก็บตัวอย่างดินออกจากกระบอกเก็บดิน แล้วใช้คัตเตอร์ปาดผิวดิน ดังรูปที่ 3.11 (ก) ให้เรียบเท่ากับขนาดของวงแหวนเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.11 (ข) ดินที่ได้เป็นตัวแทนระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร

(ก) การใช้คัตเตอร์ปาดผิวดิน (ข) ลักษณะของดินที่ทำการปาดให้ผิวเรียบแล้ว

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการเตรียมดินที่ได้จากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

3.4.5.3 นำตัวอย่างดินที่ได้ใส่ในกระป๋อง ดังรูปที่ 3.12 ปิดฝาให้สนิท และใส่ในถุงซิปล็อค

รูปที่ 3.12 นำตัวอย่างดินที่ได้ใส่ในกระป๋อง

3.4.5.4 ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร โดยขุดเปิดหน้าดินให้ถึงระดับความลึก 10 เซนติเมตร ต่อจากหลุมเก็บตัวอย่างดินหลุมเดิม ดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การใช้เสียมขุดเปิดหน้าดิน

3.3.5.5 นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินกดลงดิน แต่เนื่องจากระดับความลึกที่ 10 - 20 เซนติเมตร แรงคนไม่สามารถกดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ให้จมลงในดินได้ จึงต้องใช้น็อตตัวผู้วางบนกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.14 (ก) และค้อนช่วยในการทุบ ดังรูปที่ 3.14 (ข)

(ก) ตั้งน็อตตัวผู้วางบนกระบอกเก็บตัวอย่างดิน (ข) ใช้ค้อนทุบลงไปบนน็อตตัวผู้

รูปที่ 3.14 การใช้ค้อนช่วยเพื่อเก็บตัวอย่างดิน

3.4.5.6 เมื่อถึงระดับความลึกที่ขีดเครื่องหมายไว้ ทำการหมุนเพื่อเฉือนดินให้ขาด นำดินในวงแหวนเก็บตัวอย่างดินใส่ในกระป๋อง ปิดฝา และนำไปใส่ในถุงซิปล็อก จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ 3.4.5.1 ถึง 3.4.5.6 และทำซ้ำอีก 2 หลุม

3.4.6 การประกอบใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

3.4.6.1 นำวงแหวนเก็บตัวอย่างดินใส่เข้ากับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 การประกอบวงแหวนใส่กระบอกเก็บตัวอย่างดิน

3.4.6.2 นำกระบอกเก็บตัวอย่างดินใส่เข้ากับหัวจับ ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การประกอบกระบอกเก็บตัวอย่างดินใส่กับหัวจับ

3.4.6.3 ใส่ชุดสกรูที่มีใบสกรูเข้ากับหัวจับโดยที่ชุดสกรูจะครอบกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.17 การประกอบชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน

3.4.6.4 ใส่สลักตัวยูเพื่อยึดชุดสกรู และกระบอกเก็บตัวอย่างดินไม่ให้หลุดออกจากกัน ดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การใส่สลักตัวยู

3.4.6.5 ใส่กระบอกเก็บตัวอย่างดินเข้ากับเพลาเกลียวเหลี่ยมดัง รูปที่ 3.19

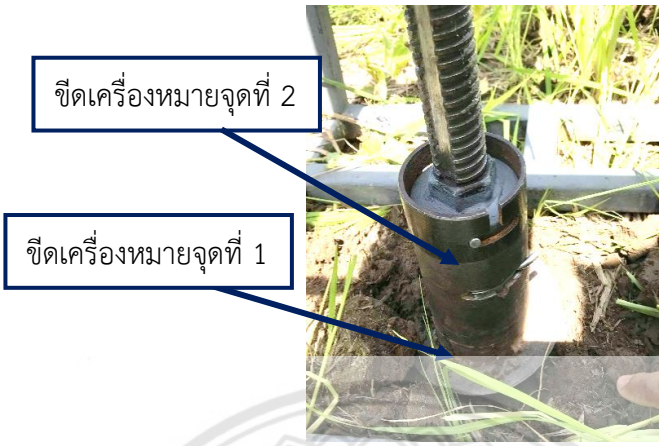
รูปที่ 3.19 การประกอบกระบอกเก็บตัวอย่างดินเข้ากับเพลาเกลียวเหลี่ยม

3.4.7 การทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

3.4.7.1 นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินวางบนผิวดิน ดังรูปที่ 3.20 หมุนเกียร์ตัวหนอนด้านบนเครื่อง เพื่อให้ชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินอยู่บนหน้าดิน หมุนล็อกเกียร์ตัวหนอนให้แน่น จากนั้นดึงสลักตัวยูออกจากกระบอกเก็บตัวอย่างดิน และให้ผู้ทดลองเหยียบฐานไว้ เพื่ออาศัยน้ำหนักจากผู้ทดลองกดไว้ไม่ให้กระบอกเก็บตัวอย่างดินลอยจากพื้นดิน

รูปที่ 3.20 การใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

3.4.7.2 กดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินลงบนดินด้วยการหมุนที่มือหมุนตามเข็มนาฬิกา ให้กระบอกอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินจมลงในดินให้ถึงระดับความลึก 0 - 10 เซนติเมตร โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่ขีดไว้บนผิวชุดสกรู ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเจาะผิวดินเพื่อเก็บตัวอย่างดิน

3.4.7.3 เมื่อถึงระดับความลึกที่ต้องการ ใส่สลักล็อกชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นหมุนมือหมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อตัดดินให้เฉือนขาดจากดินเดิม โดยหมุน 16 รอบ แล้วใส่สลักตัวยู และนำชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินออกจากหลุม โดยปลดตัวล็อกเกียร์ตัวหนอน หมุนเกียร์เพื่อดึงชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินขึ้นจากหลุม ดังรูปที่ 3.22 (ก) ล็อกเกียร์ตัวหนอนอีกครั้ง เพื่อชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินให้อยู่สูงกว่าพื้นดิน ดังรูปที่ 3.22 (ข) จากนั้นทำการถอดชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินออกจากเพลาเกลียวเหลี่ยม

(ก) หมุนเกียร์เพื่อดึงชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินขึ้นจากหลุม

(ข) ชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่นำออกจากหลุม

รูปที่ 3.22 การนำชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินออกจากหลุม

3.4.7.4 นำตัวอย่างดินออกจากกระบอกเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นถอดชุดสกรูออกจากชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน และนำวงแหวนเก็บตัวอย่างดินออกจากชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 3.23 (ก) ทำการปาดผิวดินให้เรียบทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 3.23 (ข) และมีขนาดเท่ากับวงแหวนเก็บตัวอย่างดิน

(ก) ตัวอย่างดินที่เก็บได้

(ข) ปาดผิวดินให้เรียบ

รูปที่ 3.23 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินก่อนใส่กระป๋อง

3.4.7.5 นำดินในวงแหวนเก็บตัวอย่างดินใส่ในกระป๋อง และนำไปใส่ในถุงซิปล็อก ดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.24 นำดินตัวอย่างที่ได้ใส่กระป๋อง

3.4.7.6 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.3.7.1 - 3.3.2.6 ด้วยระดับความลึกที่ 10 - 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.25 และทำซ้ำอีก 2 หลุม

รูปที่ 3.25 การเก็บตัวอย่างดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 ที่ระดับความลึก 10 - 20 เซนติเมตร

3.4.8 วิธีการหาค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน

3.4.8.1 นำกระป๋องเปล่าไปชั่งน้ำหนักบันทึกผล

3.4.8.2 นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกรูปแบบของ AIT และรูปแบบที่พัฒนา ชั่งน้ำหนักก่อนเข้าตู้อบ ดังรูปที่ 3.26 บันทึกผล

รูปที่ 3.26 การชั่งน้ำหนัก

3.4.8.3 เปิดฝาและนำตัวอย่างดินไปเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 105 **องศาเซลเซียส** เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 นำตัวอย่างดินเข้าตู้อบ

3.4.8.4 ปิดฝาและนำตัวอย่างดินที่ผ่านการอบไปชั่งน้ำหนักบันทึกผล

3.4.8.5 นำค่าน้ำหนักดินแห้งที่ได้จากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกรูปแบบของ AIT และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นมวลรวมและความชื้นของดิน ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

3.4.5.6 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 รูปแบบ และทำการสรุปผล

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะแสดงรายละเอียดของผลการทดลองใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่ทำการพัฒนารุ่นที่ 1 ในแปลงนา เพื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และรูปแบบทรงกระบอก รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

4.1 สมบัติของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

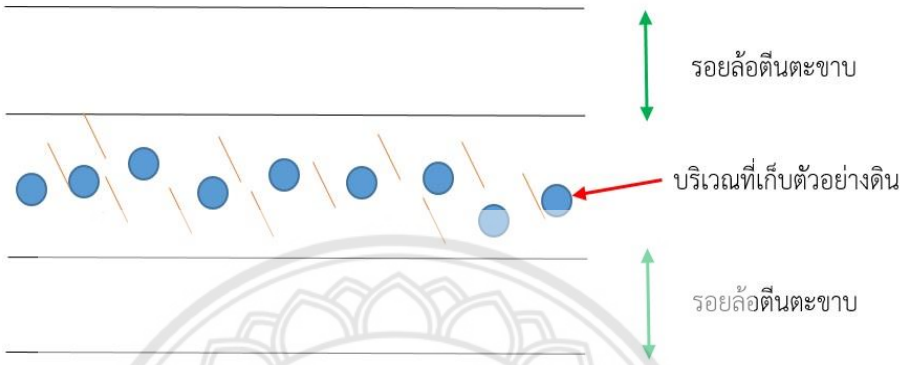
อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มีคุณลักษณะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะต่างๆ ของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

คุณลักษณะต่างๆ	
ขนาดของอุปกรณ์	
กว้าง × ยาว × สูง	50 × 67 × 117 ซม.
น้ำหนัก	32.8 กก.
ระบบส่งกำลัง	
เกียร์ทด	10 :1
วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน	
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	5.50 ซม.
สูง	5.35 ซม.
ปริมาตร	127.11 ซม.^{3}
สกรูลำเลียง	
ระยะพิตช์	3.00 ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	12.62 ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	7.62 ซม.
ความสามารถในการทำงาน	
ความลึกของตัวอย่างดินที่เก็บได้ต่อครั้ง	10 ซม.
ระดับความลึกที่เก็บได้สูงสุด	25 ซม.
จำนวนรอบการหมุนมือหมุนให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ลง 10 ซม.	278 รอบ

4.2 สภาพแปลงทดสอบ

แปลงทดสอบเป็นแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ กข.43 อยู่ที่ หมู่ 18 บ้านศรีมงคล ตำบลเทศบาลบางระกำเมืองใหม่ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ทำการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวนวดข้าว เมื่อวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ 2561 โดยเลือกตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างดินบริเวณระหว่างรอยล้อตีนตะขาบทั้งสองข้าง แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งการทดสอบอุปกรณ์ในแปลง

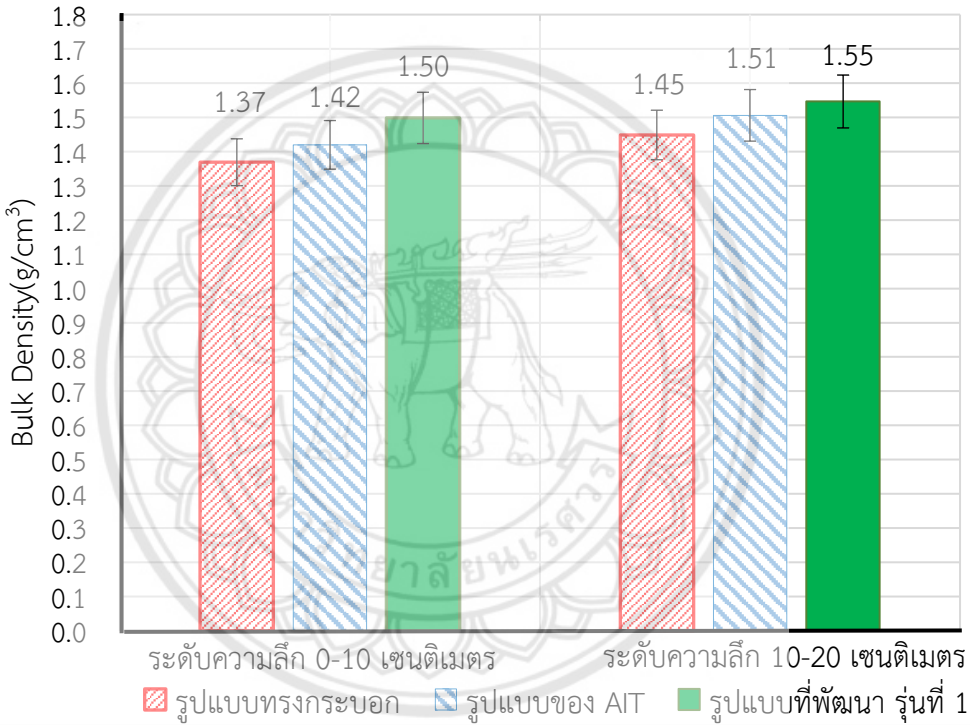
4.3 ผลการหาสมบัติทางกายภาพของดิน

จากการหาสมบัติทางกายภาพของดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 เปรียบเทียบกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และรูปแบบทรงกระบอกที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรและ 10-20 เซนติเมตร ได้ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ย (Soil bulk density) และค่าความชื้นดินเฉลี่ย (Soil moisture content) แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยและค่าความชื้นดินเฉลี่ยเมื่อทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยอุปกรณ์แบบต่างๆ

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ย (g/cm^3)		ค่าความชื้นดินเฉลี่ย (%db)	
	ระดับความลึก (cm)		ระดับความลึก (cm)	
	0 - 10	10 - 20	0 - 10	10 - 20
รูปแบบทรงกระบอก	1.37	1.45	25.26	24.88
รูปแบบของ AIT	1.42	1.51	25.19	26.59
รูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1	1.50	1.55	24.69	25.77

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าค่าความชื้นดินเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 ที่ระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร แต่ค่าความชื้นดินเฉลี่ยของรูปแบบทรงกระบอกที่ระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร เนื่องมาจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกมีฟางคลุมอยู่ด้านบน และช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างดินมีสภาพอากาศร้อน อาจจะส่งผลให้น้ำในดินมีการระเหยแต่เนื่องมาจากมีฟางปกคลุมอยู่ ส่งผลให้ค่าความชื้นดินเฉลี่ยที่ 0 – 10 เซนติเมตรมีค่ามากกว่า

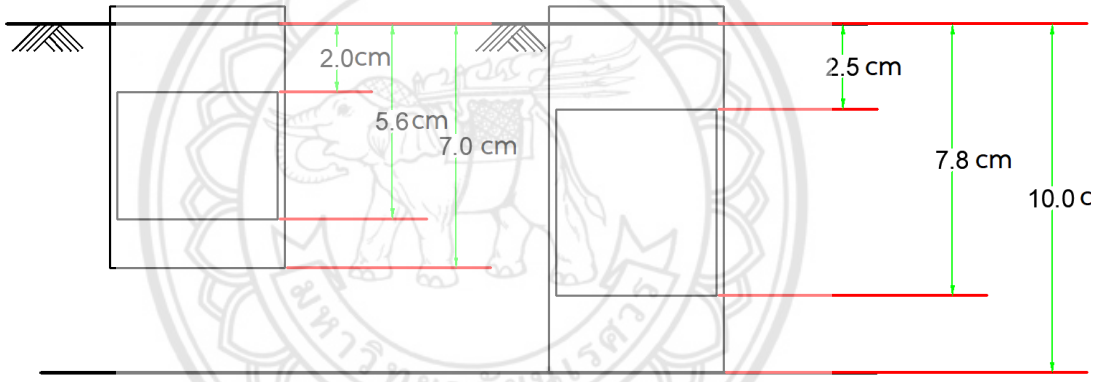


รูปที่ 4.2 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบต่างๆ กับค่าความหนาแน่นมวลรวมเฉลี่ยที่ระดับความลึกเท่ากัน

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะพบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยทั้งสองระดับที่เก็บด้วยรูปแบบทรงกระบอกมีค่าต่ำกว่าการเก็บด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินทั้งสองรูปแบบ เนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกจะเป็นการเหลาแท่งดินให้พอดีกับวงแหวนซึ่งทำให้ดินที่ได้จะหลวมกว่าวงแหวนเล็กน้อย และเศษดินอาจหลุดออกมาได้

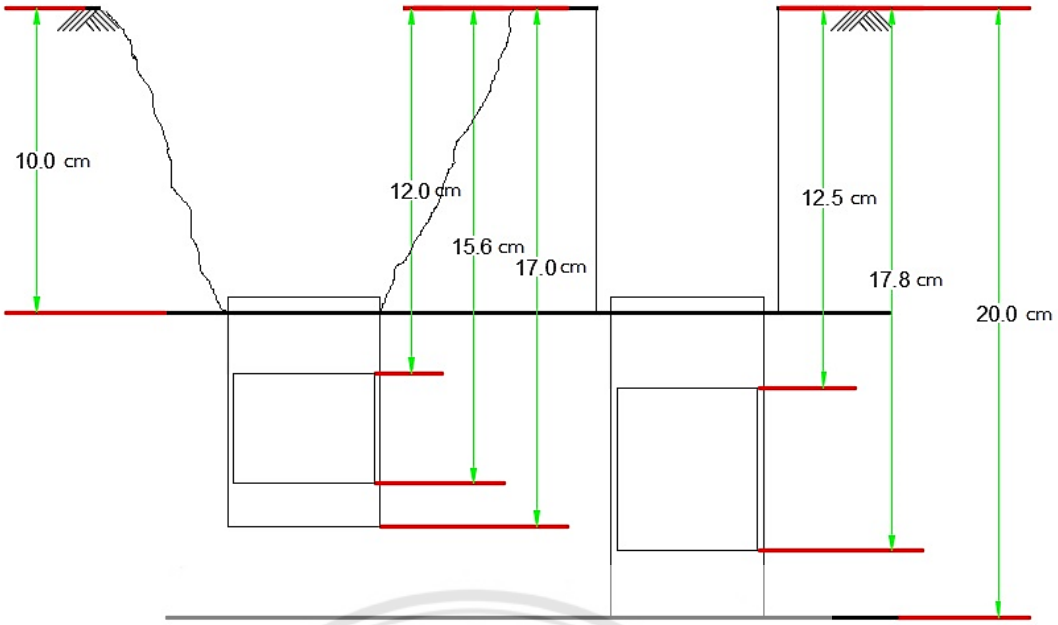
เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยระหว่างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT กับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะพบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะมีค่ามากกว่ารูปแบบของ AIT ทั้งสอง

ระดับความลึก อาจจะเป็นเพราะว่าตำแหน่งของวงแหวนไม่ได้อยู่ในระดับความลึกที่เท่ากัน ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าในการเก็บตัวอย่างดินของทั้งสองอุปกรณ์ วงแหวนสามารถเก็บดินที่ระดับความลึกที่แตกต่างกัน คือวงแหวนในอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะเก็บดินที่ระดับความลึก 2.5 – 7.8 เซนติเมตร (รูปที่ 4.3ข) ซึ่งลึกกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ซึ่งเก็บดินที่ระดับความลึก 2.0 – 5.6 เซนติเมตร (รูปที่ 4.3ก) ทำให้ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มีค่ามากกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT สำหรับการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร จะพบว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะสามารถเก็บดินได้โดยไม่ต้องขุดเปิดหน้าดิน และสามารถเก็บตัวอย่างดินได้อย่างต่อเนื่อง สะดวกต่อการเก็บตัวอย่างดินมากขึ้น ซึ่งดีกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ที่ต้องใช้เสียมช่วยขุดเปิดหน้าดินในระดับความลึกถัดไป ดังรูปที่ 4.4 แต่อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 มีข้อเสียคือจำนวนรอบที่ใช้ในการหมุนมือหมุนที่มาก



ก) รูปแบบของ AIT ข) รูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบตำแหน่งของวงแหวนภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร



ก) รูปแบบของ AIT ข) รูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบตำแหน่งของวงแหวนภายในกระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร

4.4 จำนวนรอบที่ใช้ในการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินที่พัฒนา รุ่นที่ 1

จากการทดลองในการเก็บตัวอย่างดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 ที่ระดับความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร จำนวนรอบการหมุนที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนรอบในการหมุนอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

ครั้งที่	จำนวนรอบการหมุน (รอบ)	
	ระดับความลึก (cm)	
	0-10	10-20
1	272	283
2	276	291
3	268	282
ค่าเฉลี่ย	272	285

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร จำนวนรอบในการหมุนอุปกรณ์จะมากกว่าที่ระดับความลึก 0 – 10 เซนติเมตร เนื่องมาจากการเตรียมดินในแปลงนาก่อนปลูกข้าวต้องมีการไถพรวนดิน โดยทั่วไปจะไถลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ทำให้ดินชั้นล่างที่ไม่ได้ไถพรวนเกิดการอัดแน่นของดินมากกว่าดินชั้นบน เมื่อระดับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินเคลื่อนที่ลงบริเวณดินที่ไม่ได้ไถพรวน ทำให้การหมุนอุปกรณ์หนักมากกว่าปกติ และหมุนจำนวนรอบที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 มีขนาด 50 × 67 × 117 เซนติเมตร น้ำหนัก 32.8 กิโลกรัม ซึ่งมีคุณลักษณะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.1 มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครง ชุดกลไกส่งถ่ายกำลัง ชุดสกรู และชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดิน เป็นต้น หลักการทำงานโดยใช้มือหมุนผ่านชุดทดเกียร์ที่ขบกับเกียร์ดอกจอกสองตัวขับเพลาเกลียวเหลี่ยมให้เคลื่อนที่ขึ้นลง ชุดสกรูจะหมุนส่วนกระบอกเก็บตัวอย่างดินจะไม่หมุน จากนั้นกระบอกเก็บตัวอย่างดินจะเคลื่อนที่ลงในดินจนได้ระดับความลึกที่ต้องการ ทำการใส่สลักยึดให้ชุดสกรูและกระบอกเก็บตัวอย่างดินยึดติดด้วยกัน ทำการหมุนที่มือหมุนจำนวน 16 รอบ เพื่อเฉือนดินให้ขาดและดึงดินขึ้นมา

ตารางที่ 5.1 คุณลักษณะต่างๆ ของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

คุณลักษณะต่างๆ	
ขนาดของอุปกรณ์	
กว้าง × ยาว × สูง	50 × 67 × 117 ซม.
น้ำหนัก	32.8 กก.
ระบบส่งกำลัง	
เกียร์ทด	10 :1
วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน	
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	5.50 ซม.
สูง	5.35 ซม.
ปริมาตร	127.11 ซม.^{3}
สกรูลำเลียง	
ระยะพิตช์	3.00 ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก	12.62 ซม.
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	7.62 ซม.
ความสามารถในการทำงาน	
ความลึกของตัวอย่างดินที่เก็บได้ต่อครั้ง	10 ซม.
ระดับความลึกที่เก็บได้สูงสุด	25 ซม.
จำนวนรอบการหมุนมือหมุนให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ลง 10 ซม.	278 รอบ

การประกอบใช้งานอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะเริ่มจากการนำแหวนเก็บตัวอย่างดินใส่เข้ากับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน จากนั้นสวมกระบอกเก็บตัวอย่างดิน เข้ากับหัวจับ และนำชุดสกรูสวมเข้ากับหัวจับ แล้วใส่สลักตัวยูเพื่อยึดชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินเข้าด้วยกัน และขั้นตอนสุดท้ายนำชุดสกรูกับชุดกระบอกเก็บตัวอย่างดินสวมเข้ากับเพลาเกลียวเหลี่ยม

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการเก็บดินของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 พบว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินสามารถเก็บตัวอย่างดินได้ความลึกครั้งละ 10 เซนติเมตร และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินสามารถเก็บดินได้ในระดับความลึกครั้งต่อไปได้ โดยไม่ต้องทำการขุดเปิดหน้าดิน

5.1.2 เมื่อเปรียบเทียบการเก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอกกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 พบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมของดินเฉลี่ยทั้งสองระดับความลึกที่เก็บด้วยรูปแบบทรงกระบอกมีค่าต่ำกว่าการเก็บด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1

5.1.3 เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นมวลรวมเฉลี่ยระหว่างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของAITกับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 พบว่าค่าความหนาแน่นมวลรวมเฉลี่ยของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 จะมีค่ามากกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ทั้งสองระดับความลึก อาจจะเป็นเพราะว่าตำแหน่งของวงแหวนเก็บตัวอย่างดินไม่ได้อยู่ในระดับความลึกที่เท่ากัน

5.1.4 เมื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT กับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 พบว่าวงแหวนเก็บตัวอย่างดินมีการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกแตกต่างกัน คือวงแหวนในอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่1 จะเก็บดินที่ระดับความลึก 2.5 – 7.8 เซนติเมตร จะลึกกว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT ซึ่งเก็บดินที่ระดับความลึก 2.0 – 5.6 เซนติเมตร

5.1.5 สำหรับการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 10 – 20 เซนติเมตร จะพบว่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1 จะสามารถเก็บตัวอย่างดินได้โดยไม่ต้องขุดเปิดหน้าดิน และสามารถเก็บตัวอย่างดินได้อย่างต่อเนื่องสะดวกต่อการเก็บตัวอย่างดินมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปลายกระบอกควรทำบ่าให้มีมุมเอียงที่เท่ากับกระบอกนอก

5.2.2 ควรเปลี่ยนจากการใช้มือหมุนเป็นมอเตอร์แทนเพื่อประหยัดเวลาในการเก็บดินมากขึ้น

5.2.3 การเก็บดินรูปแบบกล่องควรเลือกใช้กล่องที่มีปริมาตรขนาดใหญ่ เพื่อลดความผิดพลาดจากการเหลาดิน หรือจะเปลี่ยนเป็นการตัดดินเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแล้วทำการวัดขนาด

เอกสารอ้างอิง

[1] อรรถ สมร่าง. 2548. ดินเพื่อประชาชน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

[2] E.McKYES. 1989. Agricultural Engineering Soil Mechanics. Macdonald College of Mcgill university, Department of Agricultural Engineering, P.O. Box 950, Ste. Anne de Bellevue, Qué.H9X 1CO, Canada

[3] Liang Liu, Keli Zhang, Zhuodong Zhang. 2016. An improved core sampling technique for soil magnetic susceptibility determination. Geoderma. doi 10.1016, May 20.

[4] การุญ จันทรางศุ. 2551 แนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องานฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 3. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

[5] พรชัย จงจิตรไพศาล. เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ: สกรู ขนถ่ายวัสดุ ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ .

[6] ศูนย์รวมผู้ก่อสร้างไทย. ตารางวัสดุทั่วไป[อินเตอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561, จาก: https://scheduledatathaicon.wordpress.com/category

[7] Saeed Davoudabadi Farahani, Mikhail Svinin, Michael Skipper Andersen, Mark de Zee, John Rasmussen. 2016. Prediction of closed-chain human arm dynamics in a crank-rotation task. Journal of Biomechanics. doi 10.1016, May 30.

[8] เชิดพันธุ์ อมรกุล, และ ผศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. สื่อการสอนปฐพีกลศาสตร์ ทฤษฎีและปฏิบัติการ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [อินเตอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2561, จาก: http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch12/ch127_result.htm

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 รูปแบบ

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบทรงกระบอก

ครั้งที่	ระดับความลึก (cm)	น้ำหนักกระป๋อง (g)	ดินเปียก + กระป๋อง (g)	ดินแห้ง + กระป๋อง (g)	น้ำหนักดินแห้ง (g)	ปริมาตรวงแหวน (cm^3)	ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน (g/cm^3)	ค่าความชื้นดิน (%db)
1	0-10	40.561	189.450	160.300	119.739	89.41	1.34	24.34
	10-20	40.633	200.667	170.097	129.464	89.41	1.45	23.61
2	0-10	40.723	200.641	166.730	126.007	89.41	1.41	26.91
	10-20	43.468	207.414	173.275	129.807	89.41	1.45	26.30
3	0-10	40.550	191.682	161.906	121.356	89.41	1.36	24.54
	10-20	40.492	201.632	169.693	129.201	89.41	1.45	24.72

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบของ AIT

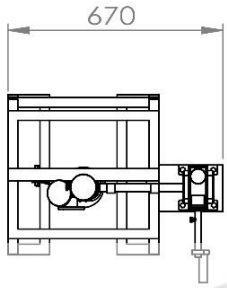
ครั้งที่	ระดับความลึก (cm)	น้ำหนักกระป๋อง (g)	ดินเปียก + กระป๋อง (g)	ดินแห้ง + กระป๋อง (g)	น้ำหนักดินแห้ง (g)	ปริมาตรวงแหวน (cm^3)	ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน (g/cm^3)	ค่าความชื้นดิน (%db)
1	0-10	40.835	191.118	163.778	122.953	89.41	1.38	22.24
	10-20	43.197	214.681	177.972	134.775	89.41	1.51	27.24
2	0-10	42.938	207.552	173.677	130.739	89.41	1.46	25.91
	10-20	43.414	213.515	179.520	136.106	89.41	1.52	24.98
3	0-10	43.399	205.323	170.470	127.071	89.41	1.42	27.43
	10-20	40.641	210.305	173.646	133.005	89.41	1.49	27.56

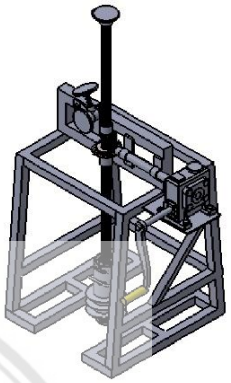
ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

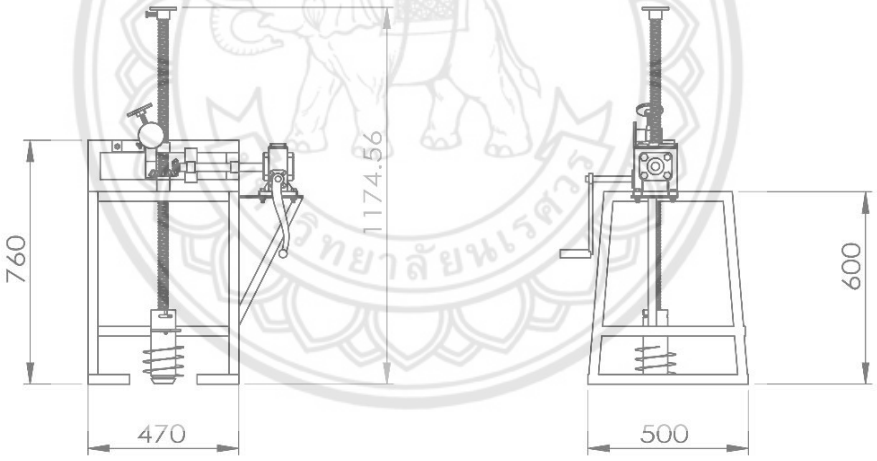
ครั้งที่	ระดับความลึก (cm)	น้ำหนักกระป๋อง (g)	ดินเปียก + กระป๋อง (g)	ดินแห้ง + กระป๋อง (g)	น้ำหนักดินแห้ง (g)	ปริมาตรวงแหวน (cm^3)	ค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน (g/cm^3)	ค่าความชื้นดิน (%db)
1	0-10	43.531	278.394	232.123	188.592	127.11	1.48	24.53
	10-20	40.785	275.800	227.176	186.391	127.11	1.47	26.09
2	0-10	40.556	277.851	231.992	191.436	127.11	1.51	23.96
	10-20	43.499	300.150	249.471	205.972	127.11	1.62	24.06
3	0-10	43.270	283.449	234.547	191.277	127.11	1.50	25.57
	10-20	43.225	292.987	240.463	197.238	127.11	1.55	26.63

ภาคผนวก ข

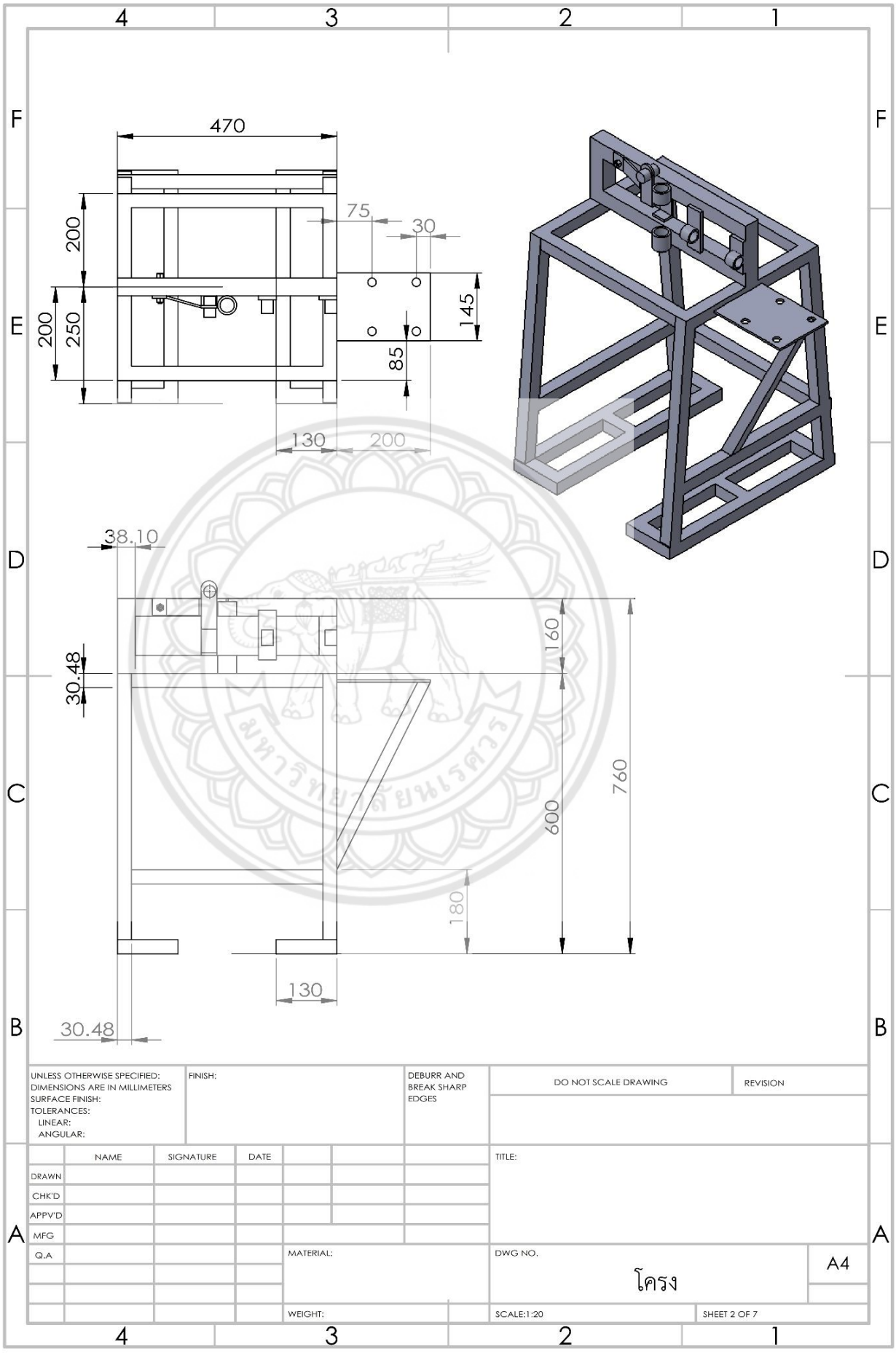
แบบอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินรูปแบบที่พัฒนา รุ่นที่ 1

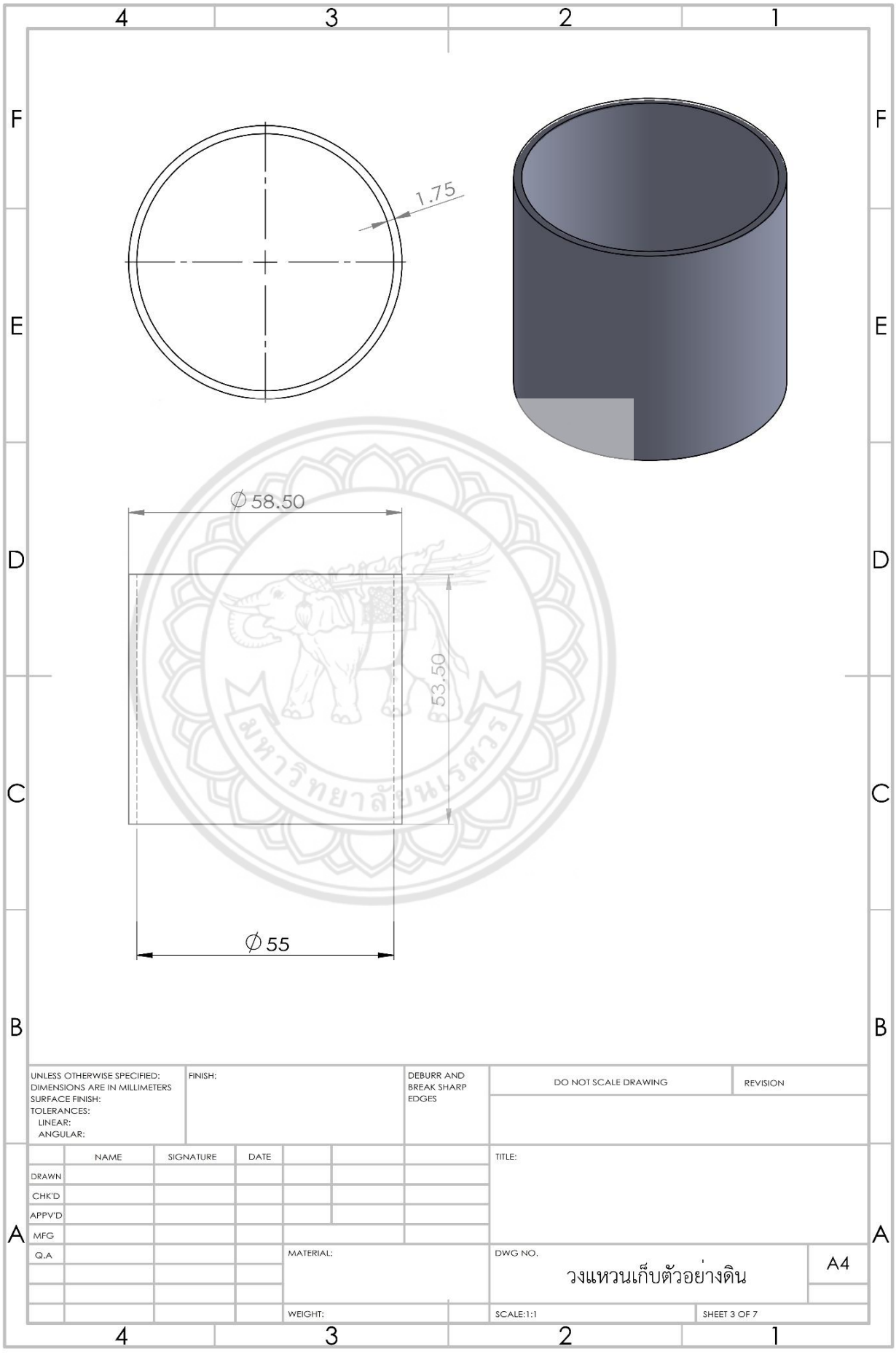


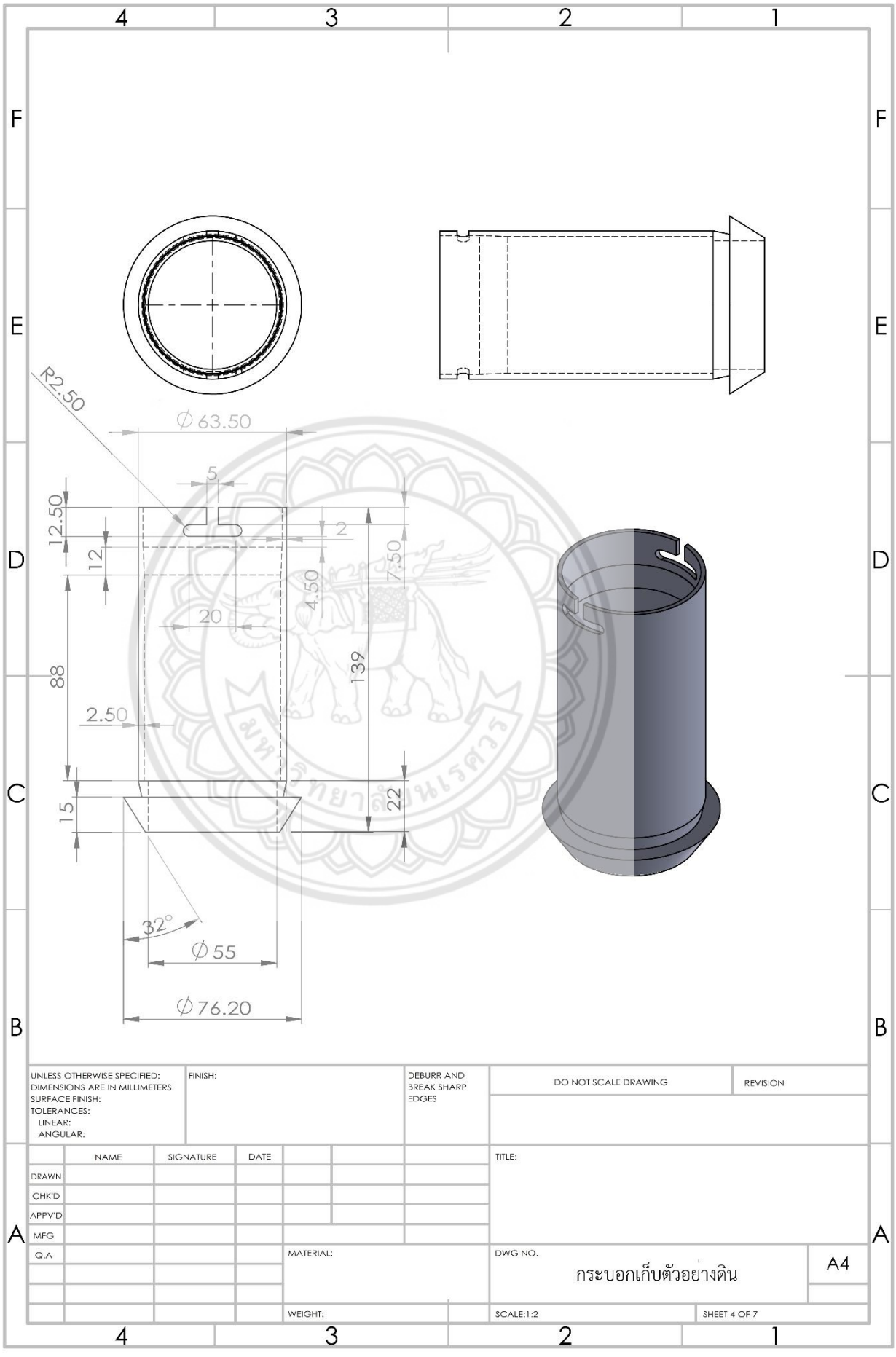


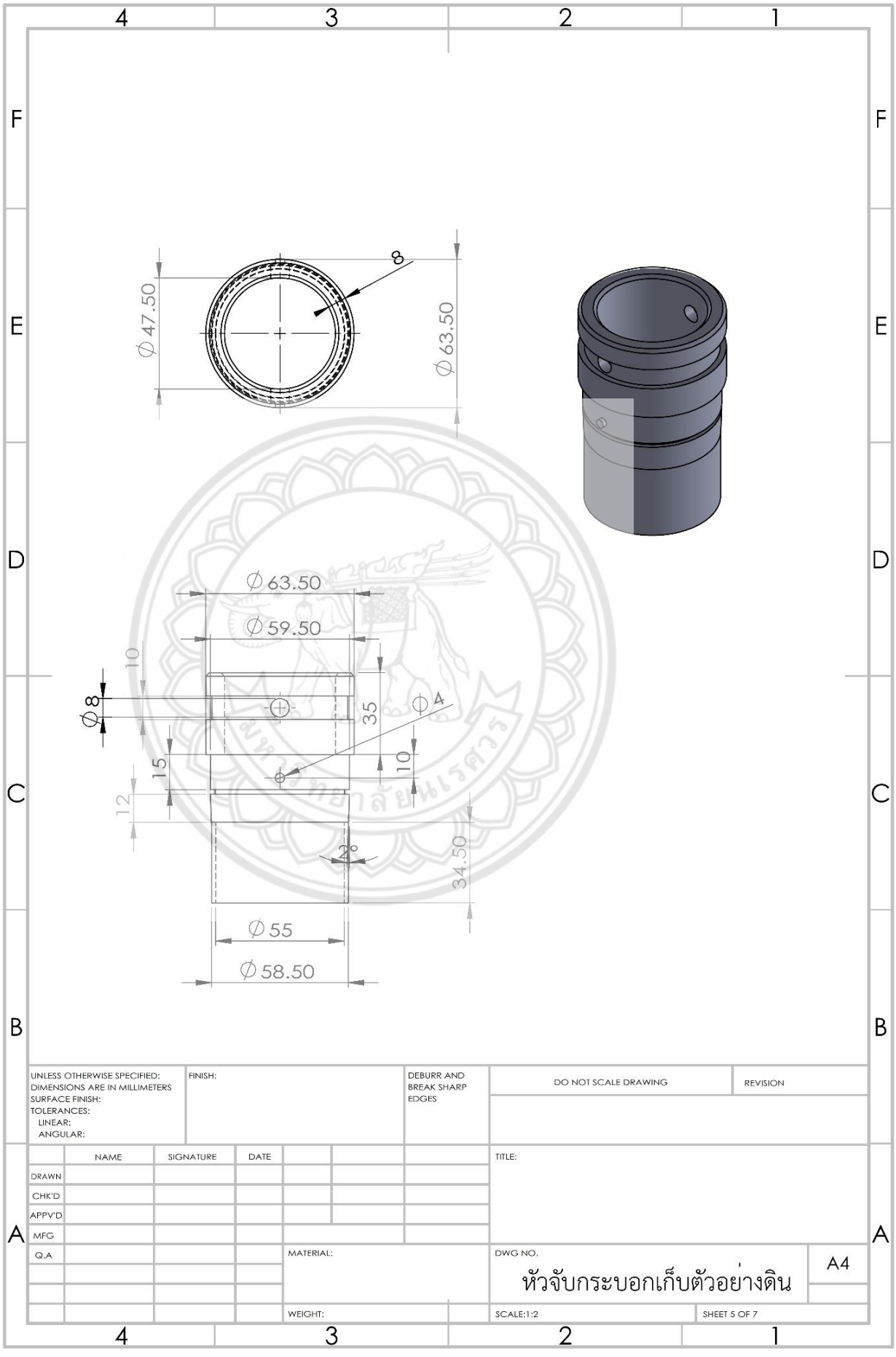


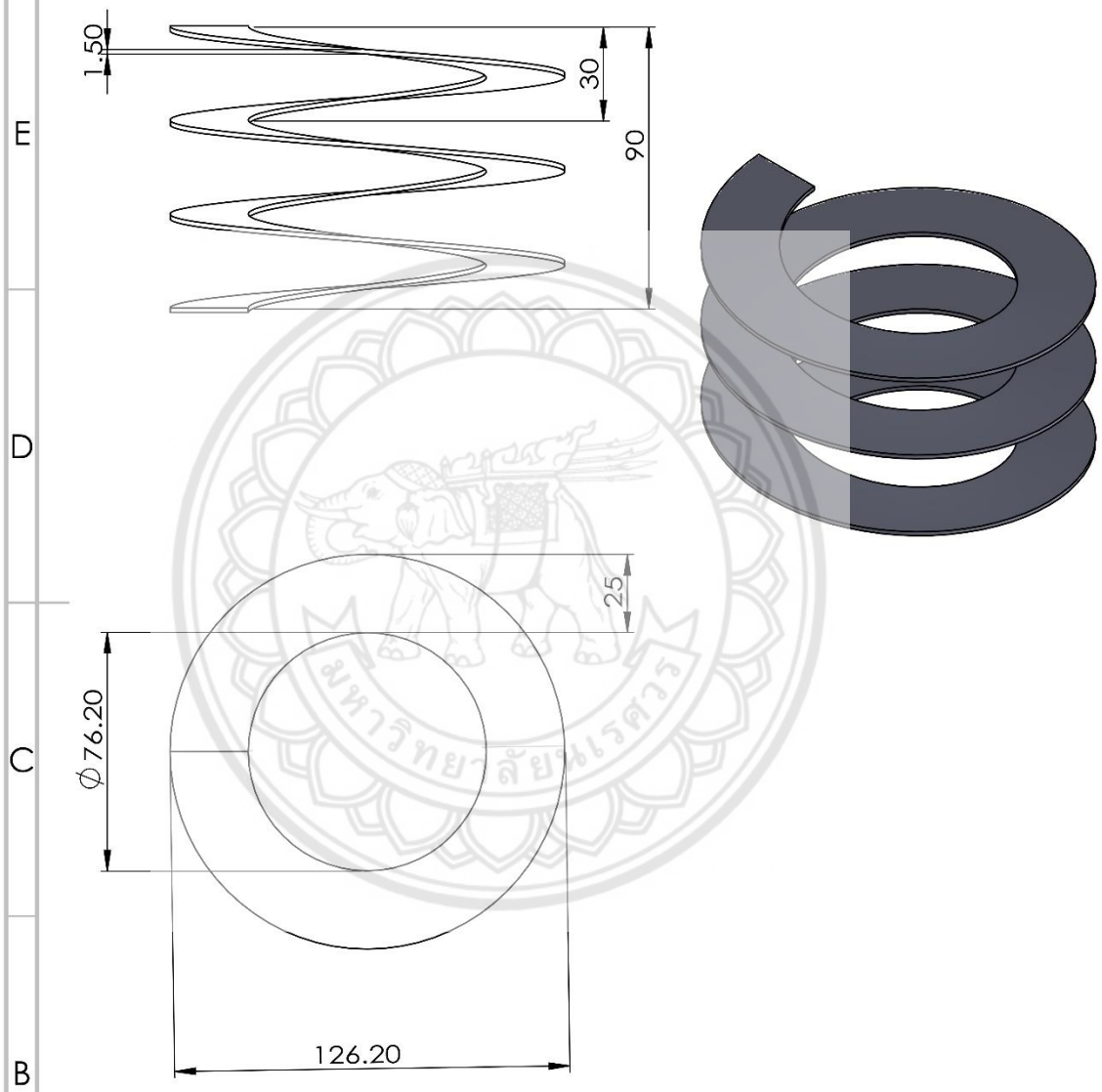
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
						อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	
				WEIGHT:		SCALE:1:20	SHEET 1 OF 7


4
3
2
1
F
E
D
C
B
A
470
200
200
250
75
30
145
85
130
200
38.10
30.48
160
760
600
180
130
30.48
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
MATERIAL:
DWG NO.
โครง
A4
WEIGHT:
SCALE:1:20
SHEET 2 OF 7

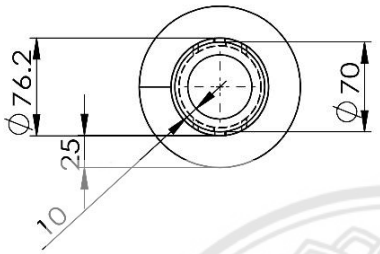

4
3
2
1
F
E
D
C
B
A
1.75
∅ 58.50
53.50
∅ 55
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
MATERIAL:
DWG NO.
วงแหวนเก็บตัวอย่างดิน
A4
WEIGHT:
SCALE:1:1
SHEET 3 OF 7

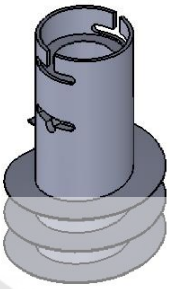

4
3
2
1
F
E
D
C
B
A
R2.50
Ø63.50
5
12.50
12
2
7.50
4.50
20
88
139
2.50
15
22
32°
Ø55
Ø76.20
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
MATERIAL:
DWG NO.
กระบอกเก็บตัวอย่างดิน
A4
WEIGHT:
SCALE:1:2
SHEET 4 OF 7

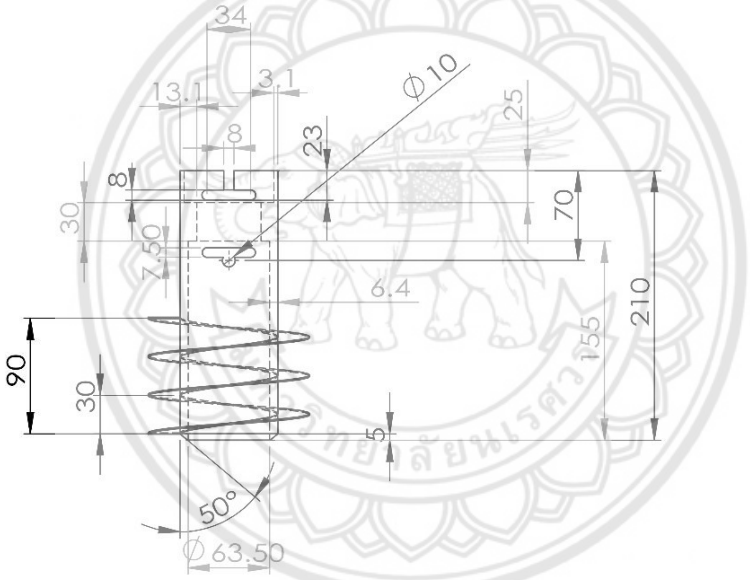

4
3
2
1
F
E
D
C
B
A
8
Ø47.50
Ø63.50
Ø63.50
Ø59.50
10
8
35
Ø4
15
10
12
2°
34.50
Ø55
Ø58.50
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:
FINISH:
DEBURR AND BREAK SHARP EDGES
DO NOT SCALE DRAWING
REVISION
NAME
SIGNATURE
DATE
DRAWN
CHK'D
APPV'D
MFG
Q.A
TITLE:
MATERIAL:
DWG NO.
หัวจับกระบอกเก็บตัวอย่างดิน
A4
WEIGHT:
SCALE:1:2
SHEET 5 OF 7



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO. ใบสกรู	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:2	SHEET 6 OF 7







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
						ชุดสกรู	
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 7 OF 7